

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Praha, 2010

Zuzana Kvítková



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Komparativní analýza bipedální a kvadrupedální lokomoce

Comparative Analysis of Bipedal and Quadrupedal Locomotion

Vedoucí diplomové práce:
Mgr. Radka Bačáková

Vypracovala:
Zuzana Kvítková

Praha, duben 2010

Děkuji vedoucí práce Mgr. Radce Bačákové za odborné vedení, cenné rady a připomínky, kterými mi pomohla k vypracování mé diplomové práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze uvedenou literaturu.

V Praze dne:

.....

Podpis diplomanta

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatелů, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení:

Číslo občanského

Datum vypůjčení:

Poznámka:

průkazu:

ABSTRAKT

Název

Komparativní analýza bipedální a kvadrupedální lokomoce

Cíle práce

Porovnání krokového cyklu zvolených zástupců bipedů a kvadrupedů a současné porovnání aktivity svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius během různých druhů lokomoce.

Metoda

Povrchové elektromyografické měření v kombinaci s plošnou kinematografickou analýzou pomocí synchronizovaného videozáznamu.

Výsledky

Prokázal se opožděný timing činnosti horních končetin při chůzi bipeda oproti činnosti hrudních končetin při kroku kvadrupeda. Charakter zapojení vybraných svalů u bipeda je v případě horních končetin stabilizační, protože pracují v otevřeném kinematickém řetězci. Kvadruped se pohybuje v uzavřeném kinematickém řetězci a vybrané svaly jeho končetin mají lokomoční funkci stejně jako vybrané svaly dolních končetin bipeda.

Klíčová slova

bipedie, kvadrupedie, elektromyografie, m.latissimus dorsi, m.gluteus medius

ABSTRACT

Title

Comparative Analysis of Bipedal and Quadrupedal Locomotion

Purposes

Comparison of biped's and quadruped's step motion and comparison of the activity of their m. latissimus dorsi and m. gluteus medius during different kinds of locomotion.

Method

Surface electromyography combined with kinematography analysis used synchronized video recording.

Results

The activity of upper limbs during the biped's walk showed its delay-action compared with activity of quadruped's anterior limbs. The character of the chosen muscles of upper limbs is stabilization because of action in the open kinematic chain. Quadruped's action is in the closed kinematic chain and chosen muscles of all his limbs have locomotive function like chosen muscles of biped's lower limbs.

Key words

Surface electromyography, quadrupedy, bipedy, musculus latissimus dorsi, musculus gluteus medius

OBSAH

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ÚVOD..... | 9 |
| 2 | TEORETICKÉ PODKLADY..... | 10 |
| 2.1 | KVADRUPEDIE..... | 10 |
| 2.1.1 | Vznik a vývoj..... | 10 |
| 2.1.2 | Rod Equus..... | 14 |
| 2.1.3 | Kvadrupedální lokomoce savců na příkladu koně..... | 24 |
| 2.2 | BIPEDIE..... | 26 |
| 2.2.1 | Vznik a vývoj..... | 26 |
| 2.2.2 | Rod Homo..... | 27 |
| 2.2.3 | Bipedální lokomoce člověka..... | 36 |
| 2.3 | ELEKTROMYOGRAFIE..... | 41 |
| 2.3.1 | Co je to EMG..... | 41 |
| 2.3.2 | Jak EMG pracuje..... | 42 |
| 3 | METODIKA PRÁCE..... | 44 |
| 3.1 | CÍL A ÚKOLY PRÁCE..... | 44 |
| 3.2 | HYPOTÉZY..... | 44 |
| 3.3 | OBEČNÝ CHARAKTER VÝZKUMU..... | 45 |
| 3.4 | CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO PROBANDA..... | 46 |
| 3.5 | POUŽITÉ METODY A PŘÍSTROJE..... | 46 |
| 3.5.1 | Mobilní přístroj EMG..... | 47 |
| 3.5.2 | Digitální videokamera..... | 48 |
| 3.6 | SLEDOVANÉ SVALY..... | 48 |
| 3.7 | LOKALIZACE ELEKTROD..... | 49 |
| 3.8 | POPIS TECHNIKY MĚŘENÍ..... | 49 |
| 3.9 | ZPŮSOB VYHODNOCENÍ A INTERPRETACE DAT..... | 50 |
| 4 | VÝSLEDKY PRÁCE..... | 51 |
| 4.1 | LOKOMOCIE KONĚ..... | 51 |
| 4.1.1 | Krok..... | 51 |
| 4.1.2 | Cval..... | 52 |
| 4.2 | LOKOMOCIE ČLOVĚKA..... | 53 |
| 4.2.1 | Chůze..... | 54 |

| | | |
|-------|---------------------------------|----|
| 4.2.2 | Cval..... | 56 |
| 5 | DISKUSE..... | 58 |
| 6 | ZÁVĚR..... | 73 |
| 7 | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK..... | 76 |
| 8 | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 77 |
| 9 | PŘÍLOHY | 81 |

1 ÚVOD

Práce se zabývá zkoumáním a porovnáváním rozdílů v lokomoci bipedální a kvadrupedální. Lokomoci současných zástupců bipedů a kvadrupedů budeme zkoumat z hlediska evolučního a z hlediska jednotlivých krokových fází. Zároveň porovnáme rozdíly v aktivitě dvojic svalů *m. latissimus dorsi* a *m. gluteus medius* během lokomoce.

Jako zástupce bipedů nám poslouží člověk a jako zástupce kvadrupedů jsme zvolili koně. Ke zjištění souvislostí týkajících se lokomoce v evoluci použijeme odbornou literaturu. Jednotlivé krokové fáze porovnááme dle Nancy Nicholson (2002, 2003), zabývající se lokomocí koně, a z námi naměřených údajů, týkajících se lokomoce člověka. K měření aktivity svalů *m. latissimus dorsi* a *m. gluteus medius* nám u člověka poslouží přístroj pro měření EMG v terénu.

Při porovnávání nás zajímá chůze člověka a krok koně (zejména z hlediska krokových fází). Po té srovnáme cval koně a člověka. Zde budeme porovnávat jak krokové fáze, tak také aktivitu svalů *m. latissimus dorsi* a *m. gluteus medius*, což nás zajímá z biologického hlediska.

Téma mé DP jsem si volila vzhledem k oboru mého studia (tělesná výchova a biologie). Dle mého názoru spolu tyto dva předměty úzce souvisí, proto jsem si zvolila porovnávání člověka při lokomoci s tetrapodem, přičemž kůň se nabízí jakožto zástupce kvadrupedů sice zkrocený člověkem, ale díky tomu se na něm mohou sledovat mnohé zajímavosti a souvislosti týkající se právě lokomoce po čtyřech končetinách a aktivity svalů při pohybu.

Jako pilotní studii jsme naměřili EMG člověku při lokomoci po čtyřech končetinách, jelikož jsme chtěli zjistit podobnost v kvadrupední lokomoci bipeda s kvadrupední lokomocí kvadrupeda. Výsledky nás ovšem přesvědčily o tom, že se v DP budeme zabývat porovnáváním pouze bipední a kvadrupední lokomoce v přirozených polohách (člověk – vzpřímená poloha, kůň – na čtyřech končetinách), neboť v evoluci došlo k tak významným změnám v tělesné přestavbě, že tato lokomoce u bipeda vykazuje absolutně odlišný timing v krokovém cyklu než u kvadrupeda. Výsledky této studie ale překračují rámec této DP a jsou k nahlédnutí u autora.

2 TEORETICKÉ PODKLADY

2.1 KVADRUPEDIE

2.1.1 Vznik a vývoj

Vývoj suchozemských kvadrupedů je zasazen do devonu prvohor (před 405 – 345 mil. lety). Za předchůdce současných tetrapod je považován obojživelník *Acanthostega gunneri*, což byl živočich, jehož tělo bylo dlouhé asi 60cm a článkované končetiny byly vybaveny pěti prsty v případě předních a až osmi prsty v případě zadních končetin. Páteř *Acanthostegy* byla složená z izolovaných obratlů, které zapadaly tak těsně do sebe, že vytvořily pružný, ale ještě poměrně tuhý sloupec. Vlastnosti páteře tohoto obojživelníka odpovídají vlastnostem struny hřbetní, tzv. chordy dorsalis, která se vyskytuje (alespoň na chvíli) v ontogenetickém vývoji u všech zástupců kmene strunatci, čili i u člověka. Stavba a prostorová orientace končetin tohoto obojživelníka však ještě nevyhovovaly chůzi po souši (Dylevský, 2007).

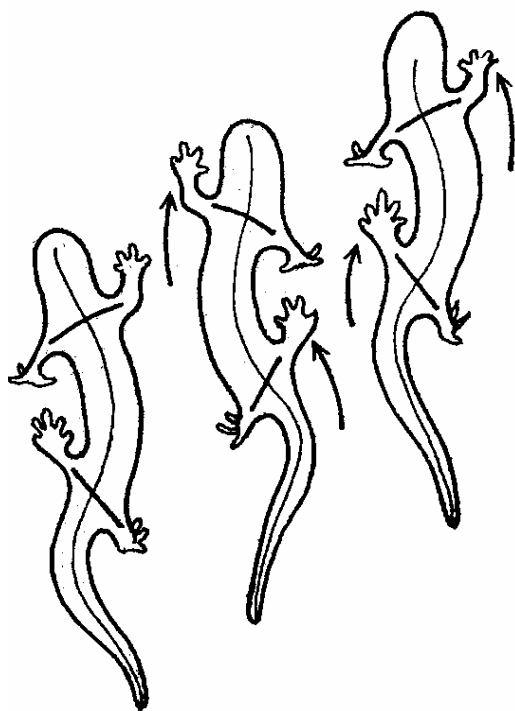


Obr. - 1 *Acanthostega* (Scales, 2007).

Podobnou stavbu těla měl i další devonský obojživelník *Ichthiostega stensioei*, který byl donedávna považován za prvního čtvernohého obratlovce. Tělo tohoto živočicha už bylo větší (cca 1,5m). Měl docela flexibilní ramenní pletenec, avšak omezeně pohyblivý loketní spoj, který dovoľoval jen poměrně malý předozadní pohyb – pádlování.

Oba druhy mají zachovaný ocasní ploutevní lem, což napovídá, že pro ně stále ještě dominovalo vodní prostředí. U končetin obou živočichů chybí karpální a tarsální elementy, což znamená, že nemohli zvedat tělo v důsledku neschopnosti ohybu terminálních segmentů končetin. Výsledkem je pohyb na souši podobný pohybu dnešních mořských obřích želv.

Velké rozdíly spatřujeme v evoluci předních a zadních končetin, zvláště jejich pletenců. Přední končetiny byly zpočátku napojeny na zadní okraj lebky. Pro pohyb na souši bylo nutné oddělit kosti pletence od lebky, zmnožit počet elementů pletence a posunout je kaudálně. Celý pletenec je už u obojživelníků k trupu kotven pouze svalovým závěsem. Pánevní pletenec je evolučně relativně stabilní. Zadní končetiny



jsou k trupu připojeny horizontálně uloženým pánevním pletencem, který se napojuje na příčné výběžky křížových obratlů.

Pánev *Ichthiostegy* je složena ze tří kostí a má dobře diferencované acetabulum. Změna párových ploutví v kráčivé končetiny není izolovaný vývojový proces týkající se pouze končetin, resp. párových ploutví. V devonu dochází zároveň i ke zvětšení pletenců končetin, oploštění žeber a k vývojovým proměnám lebky, páteře a většiny orgánových soustav (Dylevský, 2007).

Obr. - 2 Pohyb primitivního čtvernožce (Roček in Vacková, 2004).

Je tedy pravděpodobné, že se u vodních živočichů nejdříve vytvořil suchozemský plán těla a pak následovala teprve přestavba párových ploutví na kráčivé končetiny s prsty. Můžeme tedy zjednodušeně říct, že ryby nevystoupily na souš, ale – rybám narostly končetiny a pak teprve začaly chodit. Zpočátku jen po dně mělkých vodních nádrží, postupně s vodní vegetací a posléze i na souvislejších suchých plochách (Dylevský, 2007).

Chceme-li se podívat ve vývoji končetin ještě před *Acanthostegu*, můžeme sledovat pradávné kostěné ryby, jejichž končetiny zahrnují tři bazálie (= fundamentální kostěné elementy), ze kterých u ryb vybíhají nosné paprsky ploutví - radiálie. U lalokoploutvých a dvojdyšných ryb (*Sarkopterygia*), které jsou považovány za předchůdce obojživelníků, plazů, ptáků a savců, zbyl ze tří bazálií jediný element - metapterygium. Jeho osamostatnění bylo provázeno pootočením o 90°, čímž se osa končetiny zbavila předozadní osy těla a toto „pádlo“ se tak stalo kráčivou končetinou. Uvolnění osy končetin umožňuje zvednutí trupu nad podložku a dopředný pohyb (Dylevský, 2007).

V dnešní době jde však věda rychle dopředu a bylo nalezeno už několik dalších zástupců, kteří pomáhají osvětlit, jak docházelo k přechodu na souš. I Charles Darwin tušil ve své evoluční teorii, která poprvé vychází v r. 1859, určité mezičlánky, které osvětlí stávající situaci jednotlivých vývojových linií organismů. Jen ještě neměl v ruce dostatek důkazů, které my už ale máme.



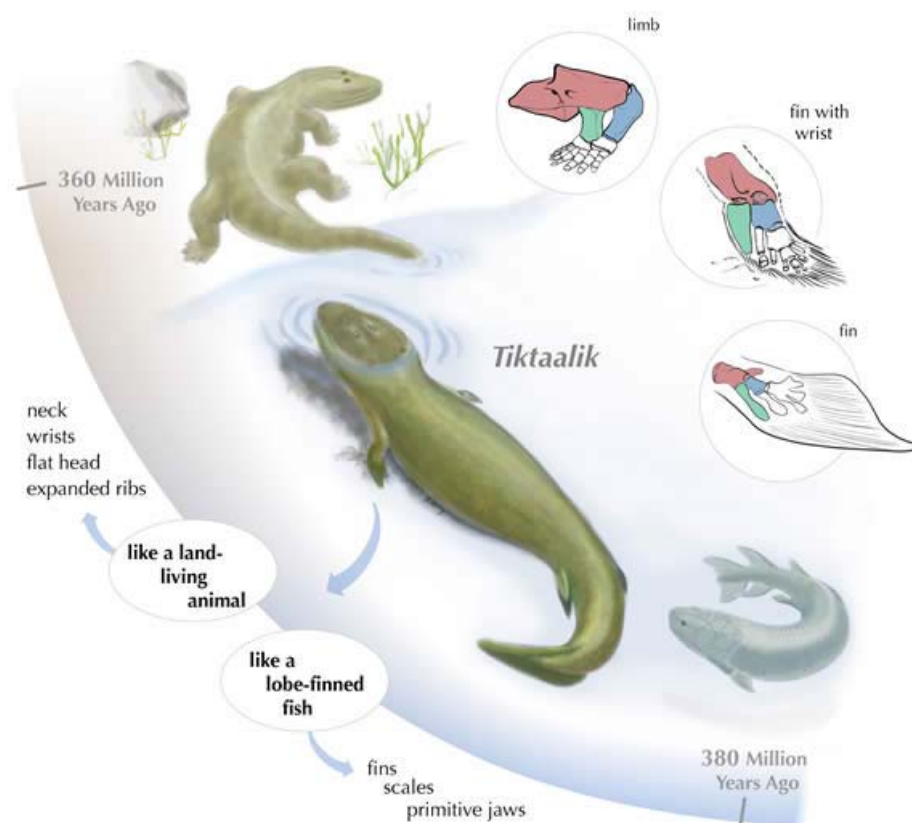
Jedním z těchto „chybějících mezičlánků“ je *Tiktaalik roseae*. Nachází se kdesi mezi rybami a kvadrupedy, proto ho jeden z jeho objevitelů Neil Shubin (University of Chicago) nazývá „fishapod“ = rybonožec. Název *Tiktaalik* pochází z kanadské inuitštiny (jazyk tamějších eskymáků) a bylo jí použito proto, že *Tiktaalika* objevili v severní Kanadě na ostrově Ellesmere v roce 2004 (Mihulka, 2006).

Obr. - 3 *Tiktaalik roseae*, rybonožec (Mihulka, 2006).

Ze zmrzlých sedimentů byly vykopány tři celkem zachovalé kostry o velikosti 1 až skoro 3m. Ovšem v době, kdy zde *Tiktaalik* žil, tzn. ve svrchním devonu cca před

380 mil. lety, se tento ostrov nacházel kdesi poblíž rovníku. Tělo kryly kostěné rybí šupiny a na primitivních čelistech rybího typu byly ostré zuby, což svědčilo o predacním způsobu života. Na končetinách jsou stále ploutve.

Především pokročilost ve stavbě kostry jeho předních končetin je na Tiktaalikovi tak výjimečná. Měl totiž už obstojně vytvořené kosti paže, lokte a zápěstí s funkčním zápěstním kloubem, na který ale ještě nenavazují prsty ale ploutevní paprsky. Takováto končetina musí být důkazem o přechodu mezi rybí ploutví a kráčivou končetinou. Podle vědců žil na dně mělkých toků a snadno tedy vylézal lovit na souš. Tiktaalik měl pohyblivý krk a žebra podobná těm u mladších pokročilejších čtyřnožců (Mihulka, 2006).



Obr. - 4 Tiktaalik, na půli cesty ven z vody. Dole Panderichthys, nahoře Ichthyostega. Obrázek zachycuje významnou přeměnu předních končetin od ryby po Ichthyostegu (Mihulka, 2006).

Do 90. let 20. století byli zatím pouze dva organismy (*Acanthostega* a *Ichthyostega*) považováni za předchůdce současných tetrapod. Tehdy, v roce 1994, byla v Lotyšsku nalezena *Ventastega curonica* a teprve v poslední době byla úplně zrekonstruována téměř celá její kostra. Můžeme tudíž poskládat dohromady další závěry.

Podle švédských paleontologů v čele s Perem Ahlbergem z Uppsalské University ve Švédsku je *Ventastega curonica* blíže příbuzná *Acanthosteze* a nedávno popsanému rodu *Tiktaalik* než *Ichthyosteze*, která tedy zřejmě představuje jakousi vedlejší slepou vývojovou větev prvních tetrapodů (Than, 2008).



Obr. - 5 *Ventastega* (Socha, 2008).

2.1.2 Rod Equus

- **Zařazení a charakteristika**

Za zástupce dnešních kvadrupedů jsme pro mou diplomovou práci zvolili Rod Equus – koně. Zástupce tohoto druhu nám ideálně poslouží při získání pro nás důležitých dat. Pro lepší seznámení se s tímto rodem je důležité objasnit si jeho biologické pozadí, tzn. zařazení do systému, fungování a vývoj končetin, systém svalů, evoluci, atd.

Společným taxonem pro 3 příbuzné čeledi – nosorožce, tapíry a koně – je řád lichokopytníci (Perissodactyla). Platí pro ně tedy stejná charakteristika tělního plánu.

Osa končetiny prochází jedním prstem, ne jako u sudokopytníků dvěma. Váha těla spočívá na jednom prstě, třetím, který je také nejvyvinutější, ostatní prsty jsou buď menší, nebo úplně zakrnělé (koně), většina lichokopytníků má lichý počet prstů, s výjimkou tapírů, kteří mají na předních končetinách prsty čtyři (Hanzák, 1965).

Chrup lichokopytníků se vyznačuje malými špičáky, které někdy chybí. Stoličky mají hrboly vzájemně spojené lištami. Největší rozkvět lichokopytníků spadá do třetihor, přičemž dnes žijící zástupci jsou již jen nepatrným zlomkem kdysi bohaté skupiny. Hanzák (1965) zmiňuje Simpsonův systém savců (1945) s celkem 159 rody. Ovšem v dnešní době víme, že recentní rod už existuje pouze jeden – a to rod *Equus* se 3 podrody (koně, osli, zebry). Ti mají dnes podobu větších, býložravých zvířat, kteří většinou umí velmi dobře běhat.

Co se konkrétní čeledi „koňovití“ (Equidae) týče, ve svém vývoji neustala jako třeba příbuzní tapíři, ale docházelo k vývoji zejména ve stavbě jejich končetin. Z druhého a čtvrtého prstu zůstaly zbytky, kterým se dnes říká kosti bodcovité – přiléhají těsně k záprstí. Kostra končetin má jen malý zbytek kostí lýtkových a loketních. Díky paleontologům máme určité doklady o tom, jak se dnešní koně vyvíjeli z primitivních, malých pětiprstých a čtyřprstých reprezentantů ke stále dokonalejším formám až po tu dnešní jednoprstou (Hanzák, 1965).

Podobně jako nosorožci a tapíři jsou i koňovití savci jen zbytkem kdysi početné skupiny. K jejich největšímu rozkvětu došlo ve třetihorách (více v kapitole Evoluce). Těm se od třetihor podstatně změnilo utváření kostry končetin, což bylo důsledkem změny prostředí z vlhkého bažinatého na stepní. Pro život na měkkém terénu byla vhodnější široce roztažitelná pětiprstá končetina, kdežto ve stepních podmínkách je vhodnější tvrdé a úzké kopyto. Koňská kopyta jsou vytvořena silnou vrstvou rohoviny a jsou to (stejně jako drápy a nehty savců) deriváty kůže. Jen u koní obaluje rohovitý útvar celou část posledního prstového článku. Při chůzi se koně dotýkají země jen vystouplým okrajem kopyta, měkké šlapadlo ve středu kopyta je vyvýšeno a země se nedotýká (Hanzák, 1965).

Tato čilá zvířata žijí ve stádech a v přírodě se pohybují zejména lehkým a ladným klusem, případně rychlým cvalet. Ve vztahu k ostatním druhům zvířat nevyvolávají roztržky, ovšem vůči šelmám jsou velmi ostražití, k čemuž jim napomáhá

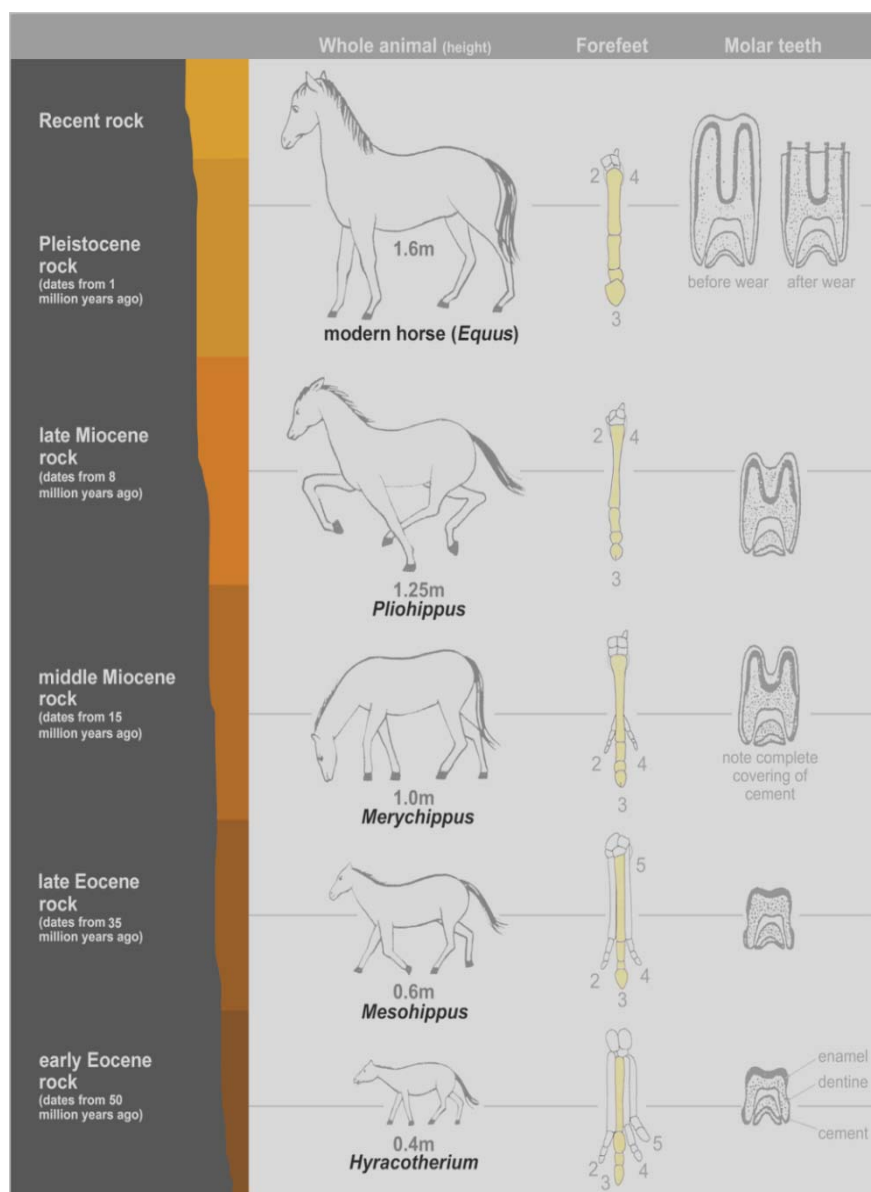
výjimečný sluch a čich. Je-li nejhůř, zachraňují se útekem, v osobním kontaktu jsou pak ale schopni se také bránit kopáním a kousáním. Ovšem největším nepřítelem koní je člověk. Na mnoha místech je vyhubil střelnými zbraněmi nebo je zatlačil na málo přístupné oblasti. Tyto ztráty se těžko vyrovnávají, neboť koňoví se rozmnožují velmi pomalu – doba březosti trvá přes 11 měsíců a klisny vrhají většinou po jednom hříběti.

Některé druhy člověk odpradáвна krotil pro jejich duševní schopnosti, tělesnou sílu a přizpůsobivost, takže se staly nepostradatelnými pomocníky člověka (Hanzák, 1965).

▪ **Evoluce**

Díky bohatému fosilnímu záznamu můžeme pohodlně sledovat evoluci koně. V současnosti je známo více než 350 druhů fosilních koní. Ne všechny nalezené druhy však vedou k dnešním koním, zebrám nebo oslům (Planetopia, 2007).

Můžeme si všimnout, že u koní a jejich příbuzných pokračuje redukce prstů výrazněji u zadní nohy než u té přední. U nejčastějších známých zkamenělin koní už bylo dosaženo stupně 3 funkčních prstů (Romer, 1967).

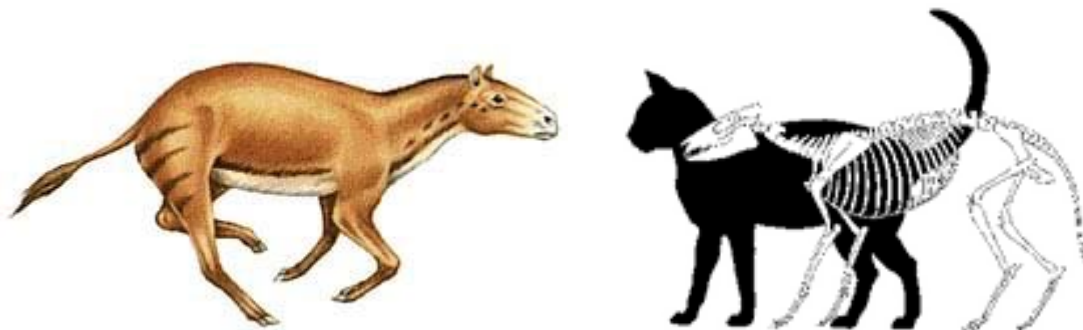


Obr. - 6 Porovnání reprezentativních druhů v evoluci koní. Rekonstrukce levé zadní končetiny (se zvýrazněným třetím prstem); podélný řez třenovým zubem (Jerry, 2006).

Řád lichokopytníci se vyvinul z masem se živících tvorů řádu *Condylarthra*, jejichž konce prstů byly opatřeny malými kopýtky. Tato skupina tvořila přechod mezi hmyzožravci a pravými kopytníky.

Řád lichokopytníků se dělí na tři podřády - Ceratomorpha (do tohoto podřádu spadají recentní tapírovití a nosorožcovití), Ancylopoda (sem patří vyhynulí lichokopytníci) a Hippomorpha. Hippomorpha se rozpadá na nadčeleď Equoidea a vyhynulá Bronthotheroidea. A právě u společných předků dvou čeledí (koňovití

Equidae a Palaeotheriidae) leží počátky evoluce koní. Nejprimitivnějším zástupcem těchto čeledí jsou rody *Pliolophus* a *Hyracotherium*, kteří se v minulosti velmi prolínali a proto nelze určit přesnou hranici mezi těmito druhy (Planetopia, 2007).



Obr. - 7 Vlevo- předpokládaný vzhled *Hyracotheria*. Vpravo- porovnání výšky *Eohippa* s dnešní kočkovitou šelmou (Doležel, 2006).

V Evropě byl *Hyracotherium* pojmenován v r.1840, avšak v roce 1867 ve Wyomingu našli kostru *Hyracotheria*, kterého pojmenovali *Eohippus* s tím, že se jedná o jiného tvora. Po 2.světové válce bylo zjištěno z teorie o pohybu kontinentálních desek, že v době existence *Hyracotheria* byla Evropa a Severní Amerika spojeny mostem (po kterém dnes zbylo Grónsko, Island, Faerské ostrovy a Hebridy), tudíž bylo potvrzeno, že *Hyracotherium* a *Eohippus* jsou jeden a tentýž živočich. V eocénu tu vládlo tropické klima a všude rostly vlhké pralesy. Tento živočich měl na předních končetinách čtyři prsty a na zadních tři. Za prsty se nacházel nášlapný polštářek, který spolu s prsty umožňoval pohyb po měkké půdě pralesa. Jeho výška se pohybovala od 25cm až po 50cm v kohoutku. Žil ve spodním eocénu před 54-38 miliony lety (Planetopia, 2007).

Dalším předchůdcem koně je rod *Orohippus* ze středního eocénu, který byl také nalezen ve Wyomingu. Na Zemi se objevil asi 2 miliony let po *Eohippovi*. Hlavní rozdíl mezi nimi spočívá ve ztrátě dvou zakrnělých prstů na zadní končetině *Eohippa*, které se tedy už u *Orohippa* nevyskytují. Ještě stále však našlapoval na polštářky místo primitivních kopýtek. Lišili se také mimojiné tělesnou výškou – *Orohippus* měl cca 38cm v kohoutku (Planetopia, 2007).

Před 40-32 miliony lety se objevil *Mesohippus*, který měřil cca 45-60cm v kohoutku. Jeho hřbet byl sice ještě klenutý, ale končetiny už se prodloužily zároveň s redukcí prstů na tři u předních i zadních nohou. Jeho třenové zuby a řezáky se vyvíjeli k odkusování, což bylo nezbytné v měnícím se prostředí z husté džungle na křovinaté



oblasti, s čímž souvisí také ztráta čtvrtého prstu a přenos váhy na sílící prostřední prst v důsledku zpevnění měkké půdy džungle. Tím došlo ke změnám ve stavbě chodidel. Prodloužení končetin zase souviselo s vyšší rychlostí při pohybu na delších trasách, což bylo nutné při útěku před nepřáteli (Planetopia, 2007).

Obr. - 8 *Mesohippus* (Vlčková et al., 2002).

Cca před 23 miliony lety se objevil rod *Parahippus*, u kterého registrujeme pružné vazivo pod chodidlem a také změny ve stavbě zubů. Postranní prsty zakrňují a přestávají se dotýkat země, oproti tomu prostřední prst mohutní a jeho kopyto mění tvar. Také lýtková a holenní kost zakrňuje a celkově se stavba končetiny zjednodušuje a zdokonaluje, čímž také stoupá rychlost běhu a celková výkonnost (Planetopia, 2007).

Z tohoto druhu se vyvinul *Merychippus*, jehož pohyb se už docela podobal dnešnímu koni. Tento rychlý vývoj probíhal před 18-17 miliony lety. Se svými 90cm to byl dosud největší kůň, také větší mozkovna svědčila o rozvoji inteligence. Tento zástupce měl pořád ještě tři prsty, ačkoli ty dva postranní k pohybu nepotřeboval. Stačilo mu jen pružné vazivo podpírající prostřední prst, který svou mohutností stále víc připomínal kopyto dnešního koně. Nohy se prodloužily, vřetenní a loketní kost se spojily, takže rotace nohy se zredukovala. Také lýtková kost se zmenšila. Výsledkem byla schopnost rychle běhat na tvrdé zemi (Planetopia, 2007).



Obr. - 9 *Merychippus* byl typický svými dobrými běhy a spásáním porostu, 3.metatarsální kůstky jsou opět vyvinutější a cementová vrstva na zubu už je kompletní, což svědčí o tom, že to byl už na 100% býložravec (Vlčková et al., 2002).

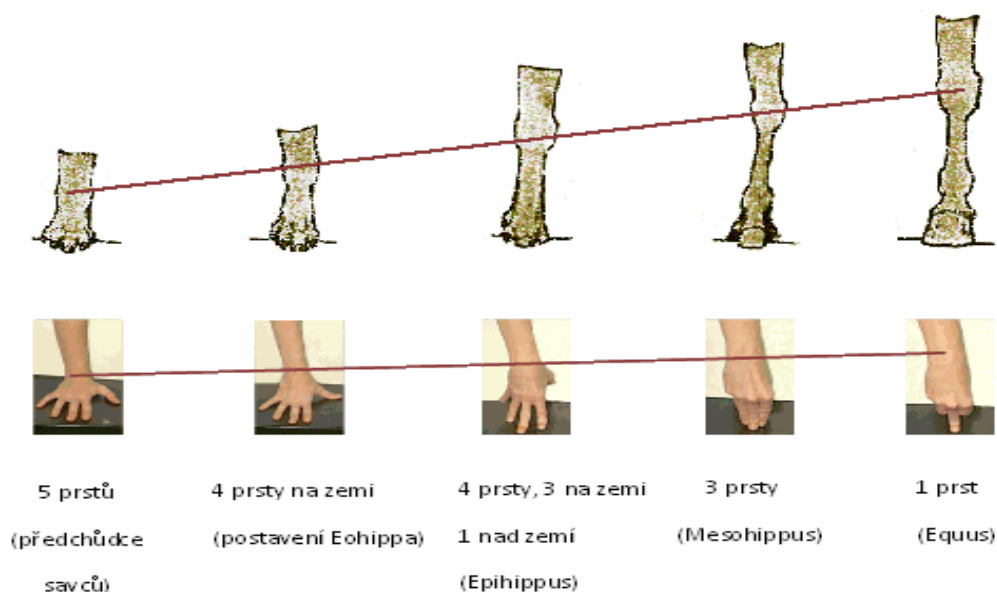
Asi před 12 miliony lety žil předchůdce dnešního koně *Dinohippus*, který byl teprve nedávno objeven. Morfologie lebky, končetin a zubů se téměř shoduje s rodem *Equus*. Jedním z posledních druhů byl *Dinohippus mexicanus*. V Severní Americe byl *Dinohippus* běžným koněm a dal vzniknout dnešním rodům *Equus* (Planetopia, 2007).

Rod *Equus* se objevuje před 4 miliony lety s jedním prstem a zbytky po druhém a čtvrtém prstu. Pro tyto „zbytečné“ prsty je stále místo v genomu moderních koní. V pozdním pliocénu před 2,6 miliony let přešel kůň ze Severní Ameriky do Starého



světa. Osídlil také Afriku, kde diversifikoval do podoby dnešních zeber (Planetopia, 2007). Recentními druhy čeledi koňovitých jsou zebry *Equus burchelli*, *E.zebra*, *E.grevyi*, koně *Equus caballus* (kůň Převalského), a osli *Equus hemionus*, *E.asinus* (Planetopia, 2007).

Obr. - 10 *Equus caballus* = kůň Převalského (Ancalagon, 2007).



Obr. - 11 Znárodnění vývoje přední končetiny koně – postupná redukce prstů a výše postavené zápěstí u koně, názorné porovnání s rukou člověka (Macfadden, 2010).

▪ Anatomie koně

Stavba těla jakéhokoli živého tvora nám napovídá, jak bude vypadat jeho pohyb. Proto je důležité znát základy stavby těla koně, pokud chceme studovat jeho pohyby. Ze základních exteriérových částí rozlišujeme hlavu, krk, trup a končetiny. Na trupu rozeznáváme břišní část - ventrální a hřbetní část – dorsální. Končetiny jsou hrudní (Hr.K) a pánevní (PK) a názvy jednotlivých kostí a svalů končetin jsou podobné s lidskými horními (HK) a dolními končetinami (DK) (Švehlová, 2003). Celkově však byla stavba těla koně přizpůsobena rychlému pohybu vpřed a schopnosti po celé dny stát (Flade in Vozáková 2008). Pohybuje-li se kůň směrem dopředu, jedná se o směr kraniální, ve smyslu vzad jde o směr kaudální.

Přední končetiny mají převážně opornou funkci - podpírají přibližně tři pětiny hmotnosti celého těla. Lopatka spojená s ramenní kostí tvoří ramenní kloub. Kosti předloktí byly původně také dvě, jako u člověka, ale v evoluci kost loketní zakrněla a zůstaly z ní pouze dvě třetiny v horní části. Jejich vzájemný pohyb nebyl zřejmě pro koně významný, a proto srostly. Zápěstní kosti nacházíme ve dvou řadách (tři články

prstu – spěnková, korunková, kopytní kost a pak střelková kost), záprstní kosti patří k dlouhým kostem a prst se skládá z kosti spěnkové, korunkové a kopytní. Zadní končetiny jsou pánevním pletencem spojené s trupem.

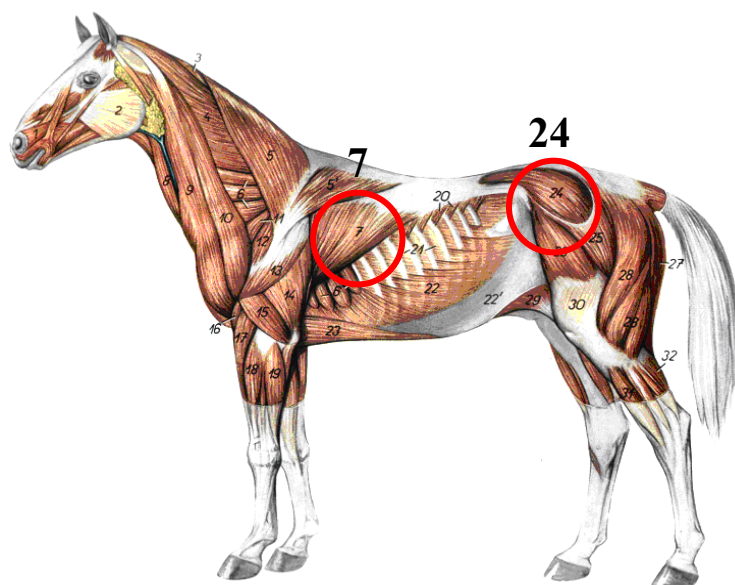
Celé pánevní spojení je samozřejmě zpevněno svaly a vazy. Díky této stabilizaci je také v tomto kloubu možná pouze flexe a extenze. Nejmhutnější dlouhou kostí na koni je kost stehenní. Jako na člověku najdeme i u koně kolenní kloub s menisky. Kosti holenní se utvářejí přibližně stejně, jako na přední končetině a patový kloub je tvořen šesti kostmi ve třech řadách (Vozáková, 2008).

Svalstvo koně představuje asi 37 – 45% jeho hmotnosti (Flade in Vozáková 2008).

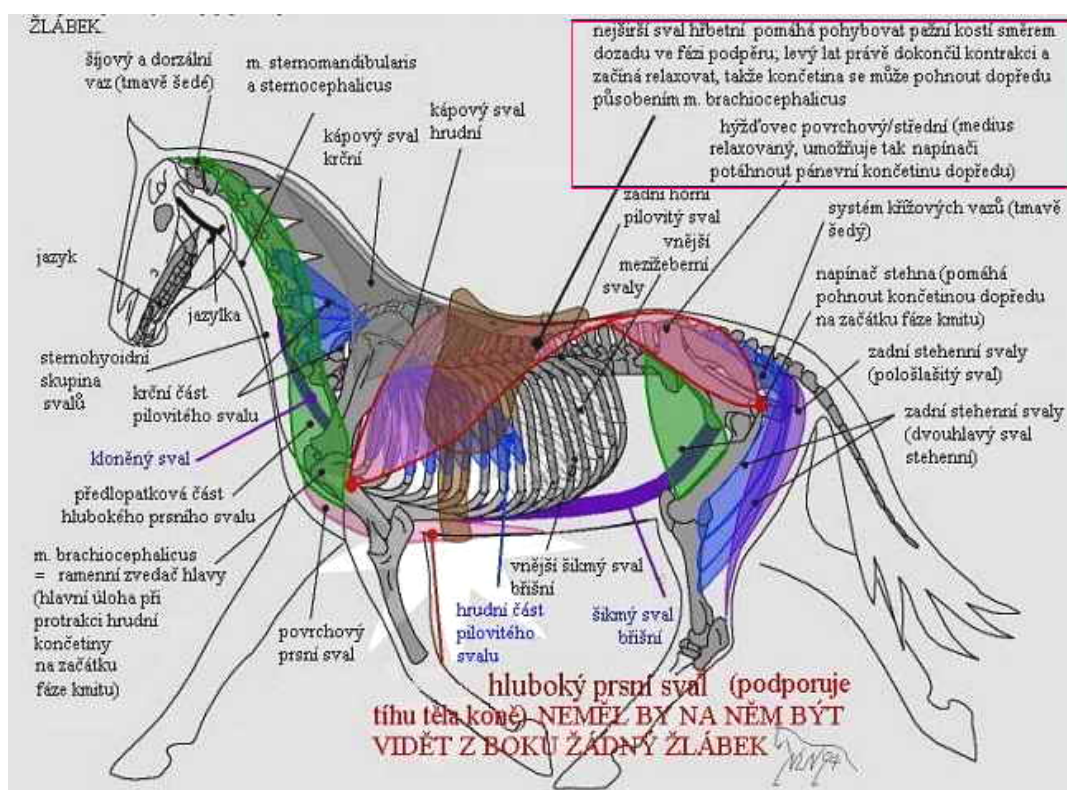
Hlavní a samozřejmě motoricky nejvýznamnější je svalovina příčně pruhovaná. Na končetinách se svaly upínají pomocí šlach k dolním částem obou končetin (Vozáková, 2008).

U koně je důležitý správný rozvoj svaloviny a dostatečná svalová síla především zádočných svalů, svalů krku a zádi, které spolu úzce souvisí.

Mezi **svaly krku** patří m. splenius, m. trapezius cervicis, a m. rhomboides cervicis. Dále m. latissimus dorsi nazývaný též „lat“ a m. serratus dorsalis, jako **svaly zádočné**. A konečně m. gluteus medius nazývaný též „glut“, m. gluteus superficialis, m. tensor fasciae latae, m. semitendineus a m. biceps femoris, které jsou nejvýznamnějšími svaly **zád koně**. Bez správného utvoření této muskulatury nemůže kůň vykonávat kvalitní pohyb (Vozáková, 2008).



Obr. - 12 Muskulatura koně, č.7 m. latissimus dorsi, č. 24 m.glutaeus medius (Vozáková, 2008).



Obr. - 13 Vybrané svaly koně, hluboké a povrchové části „drezurního systému“ (Nicholson, 2002).

My si pro naši práci potřebujeme osvětlit poznatky z anatomie dvou svalů, které se velmi významně podílejí na pohybu koně.

Tyto dva svaly – m. latissimus dorsi a m. gluteus medius – pracují v tzv. diagonálních párech a jsou na obrázku 13 znázorněny růžově.

Musculus latissimus dorsi

Sval vychází ze supraspinálních ligament a thoracolumbální fascie a připojuje se na zadní stranu humeru. Je antagonistou m. brachiocephalicus (ramenního zvedáče hlavy). Svou funkcí pomáhá pohybu těla koně v kraniálním směru, pokud je hrudní končetina v prodloužení a stojící na zemi. Pracuje také jako ohybač scapulohumerálního kloubu (Riegal, 2000).

Pomáhá pohybovat humerem kaudálně ve fázi podpěru (Švehlová, 2002).

Musculus gluteus medius

Počátek má na os ilium z aponeurózy m.longissimu dorsi, z gluteální fascie a z ligament dorsálních, laterálních a sacroiliacálních (z kosti křížové a kyčelní). Připojuje se na femur a žebra. Pomáhá končetině realizovat abdukci (Riegal, 2000).

Svou kontrakci dokončuje sunutí pánevních končetin (PK) kaudálně a zvedá PK do fáze vznosu (Švehlová, 2002).

2.1.3 Kvadrupedální lokomoce savců na příkladu koně

Základním typem lokomoce suchozemských obratlovců je kvadrupední chůze. Při kvadrupední chůzi, zvláště však při běhu, obstarávají hlavní pohon pánevní končetiny, které tělo posunují dopředu, zatímco hrudní končetiny tomuto posunu jen pomáhají a hlavně zachycují tělo „padající“ vlivem gravitace. Z žijících obratlovců ovládají kvadrupední běh nejlépe savci (Vacková, 2004).

Kvadrupední běh se od kvadrupední chůze liší nejen zrychlením frekvence pohybu končetin, ale různou kombinací střídavého pohybu jako klus, cval, skákavý běh a podobně (Gaisler in Vacková, 2004). Kvadrupedální charakter chůzového stereotypu nalézáme v jeho zkříženém vzoru (Vacková, 2004).

Pro tuto práci si nejprve vysvětlíme teoreticky následující typy lokomoce u koně a potom je ve výsledkové části a v diskusi budeme porovnávat s bipední lokomocí.

Chůze

Krok je nejsložitější chod, pokud má být správně proveden. Průběh jednoho krokového cyklu koně si rozdělíme na pravou a levou polovinu podle došlapu na zem – pravá nebo levá pánevní končetina. Každá polovina kroku obsahuje *laterální moment* (laterální pár končetin je ve fázi podpěru) a *moment diagonální* (diagonální pár končetin je ve fázi podpěru). Pravá diagonála je označení pro pravou pánevní a levou hrudní končetinu, levá diagonála pro levou pánevní a pravou hrudní končetinu. Švehlová (2003) ve svém překladu uvádí 12 krokových fází, z čehož čtyři fáze můžeme slyšet jako údery kopyt.

Při kvadrupedální lokomoci = lokomoce ve zkříženém vzoru, se střídá fázická a opěrná funkce kontralaterálních končetin. Páteř je protažena v podélné ose a ve všech jejích segmentech se uskutečňuje spirální aktivita (Čápová in Tlašková, 2008).

Cval

Je to asymetický třífázový chod. Znamená to, že při jednom pohybovém cyklu vykreslují končetiny napravo jinou křivku než ty nalevo. Existuje tedy pak pravý cval – na pravou ruku a levý cval – na levou. Při cvalu je zajímavé, že pánevní končetiny (PK) spolu s hrudními (Hr.K) pracují „spřažené“ = myšleno jakoby v párech, kupletech. První noha z první dvojice končetin, která dopadá na zem, se nazývá „vlečná“, protože její funkcí je především zachycení hmotnosti těla. Posun těla dopředu má na starost až druhá končetina z kupletu, kterou nazýváme vedoucí (Švehlová, 2003).

2.2 BIPEDIE

Mezi zásadní procesy evoluce člověka patří bipedie (dvounohost) spojená s napřimením páteře a změnou postavení pánve. Člověk má ruku opice řízenou lidským mozkiem, ale noha je specificky lidským evolučním produktem (Dylevský, 2007).

2.2.1 Vznik a vývoj

Ekologický stres lesostepí východní Afriky vedl k redukci populace původních hominidů a zahájil proces vzniku nového druhu. Potravinová migrační strategie skupin lidoopů iniciovala proces hominizace (Dylevský, 2007).

Nohy, resp. dolní končetiny, umožňovaly osídlit biotop. Ruce, resp. horní končetiny, jej ovládly. Chodidlo nohy je jedinou částí těla, která je v trvalém kontaktu s terénem.

Základním předpokladem evoluce člověka byl vznik tzv. prvního hominizačního komplexu, což je především vznik bipedního způsobu lokomoce.

Podle dnešních představ můžeme za spojující článek evoluce rodu *Homo* považovat lidoopa žijícího před pěti miliony lety ve východní Africe (dnešní Etiopii). Je označován jako *Ardipithecus ramidus*. (Zatím se řadí do rodiny Australopitéků, ale toto zařazení je pořád otevřeným problémem.) Tento lidoop měřil cca 120 - 130cm a se základem podélné nožní klenby se pohyboval kolébavým způsobem, ale převážně po dvou končetinách. Byl to tzv. obligatorní dvounožec, kterého nemohly unést horní končetiny.

Vývoj dvounohé lokomoce má mnoho souvislostí. Tímto způsobem se nepohybují pouze savci, ale také např. plazi a ptáci. Nicméně lidská bipedie není jedinečná pouze využitím dvou končetin, ale také vzpřímením těla a propnutím kolen (Dylevský, 2007).

2.2.2 Rod Homo

Příslušníci čeledi Hominidae disponují určitými společnými znaky, mezi které řadíme např. složení a základní charakteristiky krve, humorální regulaci, karyotyp a hlavně molekulárně genetické znaky. Lidem je nejbližší šimpanz, ale i gorily a orangutani vykazují množství velmi podobných znaků na molekulární úrovni. Čeleď Hominidae dělíme na podčeď *Ponginae* – orangutani, *Paninae* – šimpanzi a gorily a *Homininae* – lidé (Vančata, 2003).

Pro lepší orientaci uvádíme systém podčeledi Homininae podle Vančaty (Vančata, 2003) od australopitéků, u tučně vyznačených zástupců uvedu i jejich bližší charakteristiku:

podčeď: *Homininae* – lidé

australopiték turkanský – *Australopithecus anamensis*

australopiték afarský – *Australopithecus afarensis*

australopiték středoafrický – *Australopithecus bahrelghazali*

australopiték ploskolící – *Australopithecus (Kenyanthropus) platyops*

australopiték africký – *Australopithecus africanus*

australopiték etiopský – *Australopithecus (Paranthropus) ethiopicus*

australopiték robustní – *Australopithecus (Paranthropus) robustus*

australopiték východoafrický – *Australopithecus (Paranthropus) boisei*

australopiték dlouhonožý – *Australopithecus garhi*

člověk zručný – *Homo habilis*

člověk turkanský – *Homo rudolfensis*

člověk vzpřímený – *Homo erectus*

člověk dělný – *Homo ergaster*

člověk atapuerský – *Homo antecessor*

člověk heidelberský (archaický *Homo sapiens*) – *Homo heidelbergensis*

člověk neandertálský – *Homo neanderthalensis*

člověk rozumný – *Homo sapiens*

Základním kritériem pro řazení do systému jsou morfologické znaky na lebce a zubech. Dlouhé kosti končetin mají poměrně široké diafýzy a robustní epifýzy. Typické jsou relativně velké hlavice kosti pažní a stehenní. Jedním z důležitých kritérií pro

zařazení do podčeledi *Homininae* a následně i do rodu *Homo* je délka a stavba stehenní kosti, případně i kosti pažní, člověku podobná stavba pánve a velikost mozku. V neposlední řadě i charakteristiky stavby kostry obličej (Vančata, 2003).

Lidé a lidoopi se podobají ve spoustě znaků. Liší se ale nápadně ve způsobu lokomoce a následně i v příslušné adaptaci lokomočního aparátu. Díky odlišné lokomoci se pak následně odlišují i svou adaptivní strategií. Lidoopi mají specializovanou kvadrupední lokomoci, která umožňuje rychlý pohyb po zemi s vysokou schopností manévrovat, ale zároveň i efektivní pohyb ve stromech. To jim dovoľovalo dobře využívat potravních zdrojů z obou pater lesních ekosystémů.

Jak prokazují morfologické znaky skeletu všech doposud známých hominínů, jejich typickou lokomoční adaptací byla **bipedie**. Charakteristickým znakem bipedie je prodloužení femuru a tibie a změny příslušných kloubů. Bipedie jako nový trend vedla k zásadním přestavbám těla, k hlubokým změnám v humorální regulaci a nervové činnosti, v cévním zásobení, termoregulaci a metabolismu. Obecně i ke změnám ve způsobu reprodukce a v komunikaci. To přineslo mimo jiné i nutnost přeorganizování a postupného zvětšení mozku (Vančata, 2003).

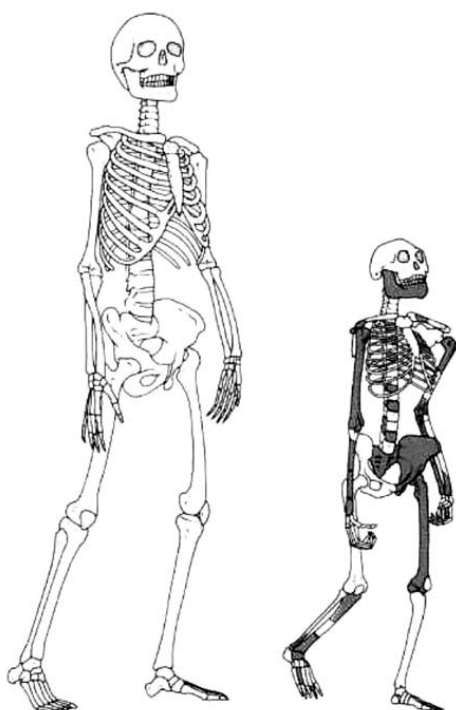
Podle všeho bipedie nepřinesla zpočátku žádnou zásadní výhodu, ale pár drobných důležitých výhod, které se projeví např. při získávání potravy a v chování i z hlediska ochrany před predátory.

Raní hominini chodili po dvou, ale příležitostně šplhali na stromy, k čemuž byly výhodné některé starobylé adaptace na horních i dolních končetinách, které jim šplhání usnadňovaly. Mohli stromy využívat jako ochranu před velkými predátory, také jako vhodné a bezpečné místo k spánku a jako zdroj potravy bohaté na živiny.

Hominini nebyli pravděpodobně větší než šimpanzi a žili již v otevřenějších ekosystémech lesostepí a to sebou také neslo určitá rizika jako například útoky větších dravých ptáků a velkých paviánovitých opic. Významnou nepříjemností je také to, že v ontogenetickém vývoji trvá déle než půl roku, než se mladí Hominini naučili chodit po dvou končetinách. Proto byl úkryt na skále nebo ve stromové pro matky s dětmi stále ještě velmi výhodný (Vančata, 2003).

Horní končetina se stále víc podílela na manipulaci a méně na lokomoci, což vedlo k častějšímu a stále důmyslnějšímu používání nástrojů v jejich životě.

Australopitéci byli především plně přizpůsobeni pohybu po dvou končetinách, i když se jejich bipedie v mnohém lišila od chůze dnešního člověka. Bylo by ji možno přirovnat k chůzi dvouletého až tříletého dítěte, kterému se australopitéci velmi podobali i proporcemi svého těla a končetin. Měli nízkou a širokou pánev, dokonce relativně širší, než má rod *Homo* (obr. 14). Nalézáme zde již prodloužené dolní končetiny, stehenní kost však byla relativně kratší než u rodu *Homo* (Vančata, 2003).



Obr. - 14 *Skelet Australopitéka*

Lucy ve vzpřímené poloze a jeho porovnání se skeletem současného člověka (tmavě jsou označené nalezené zachované části skeletu). Relativně dlouhý trup, horní končetiny a poměrně krátké dolní končetiny. Bipedie australopitéků se v mnohém lišila od bipedie moderního člověka (Conroy in Vančata, 2003).

Pro archaické australopitéky byl typický velikostní rozdíl mezi příslušníky opačného pohlaví. Někteří samci mohli dosahovat výšky okolo 150 cm a hmotnosti až 50 kg, nejmenší samice pak byly menší než 110 cm s hmotností pod 30 kg (Vančata, 2003).

- **Australopithecus garhi**

Nejbližším předkem rodu *Homo* byl asi *Australopithecus garhi* z východní Afriky. Žil před 2,6 milionu let a od ostatních australopitéků se lišil stavbou těla a dalšími vlastnostmi skeletu. Byl menší než zástupci rodu *Homo* a velikostí těla se příliš nelišil od australopitéků. Tento druh homininů měl dlouhé stehenní kosti, a tím i dolní končetiny, ale stále ještě poměrně dlouhý humerus a radius. *Australopithecus garhi* byl téměř jistě výrobce kamenných nástrojů.

První zástupci rodu *Homo* se podle všeho objevují nedlouho po druhu *Australopithecus garhi*, zhruba před 2,4 milionu let. Nejstarší nálezy člověka pochází z východní Afriky, z Malawi a z Etiopie. V období od 2 do 1,7 milionu let se vyskytují rané formy rodu *Homo* společně s robustními australopitéky na řadě lokalit, například v Keni, v Tanzanii, v Etiopii (Vančata, 2003).

- **Homo habilis**

Nálezy raných forem rodu *Homo* druhu *Homo habilis*, jsou často doprovázeny jednoduchými kamennými nástroji. Také je tu zaznamenán zvětšený mozek, prodloužení dolních končetin a výrazný pohlavní dimorfismus (Vančata, 2003).

- **Homo erectus**

Člověk vzpřímený, respektive jedna z jeho forem *Homo ergaster*, vznikl již na konci pliocénu a mohl se po určitou dobu vyvíjet paralelně s takzvanými ranými zástupci rodu *Homo*. Ve většině znaků byl *Homo ergaster/erectus* podobný druhu *Homo sapiens*, a to jak ve stavbě těla, délce a proporcích končetin, tak ve stavbě pánve a lebky.

Homo ergaster/erectus byl dosti velký, mohl dosahovat výšky přes 180cm, ale byl současně štíhlý. Některé odlišné archaické znaky, třeba malá mozkovna s kapacitou v průměru od 600 do 1200 cm³ a řada znaků na lebce, jsou pochopitelné a vyplývají z fylogenetické pozice člověka vzpřímeného jako nejstaršího nezpochybnitelného člověka.

Od samého počátku vyráběl Homo ergaster/erectus kamenné nástroje, které se v mnoha charakteristikách odlišovaly vyspělejší technologií od nástrojů raných homininů. Podle všeho měl člověk vzpřímený sběračsko-lovecký způsob života, nejspíš byl občasným lovcem menších a mladých zvířat a příležitostně se živil i mršinami (Vančata, 2003).

▪ **Homo sapiens**

Mozek zde prodělává významný vývoj a také nabývá na objemu. Nadočnicové oblouky jsou méně výrazné. Objevuje se také nový způsob opracovávání materiálů a výroby kamenných nástrojů, které byly nalezeny na východních, severních a jižních částech Afriky. Tento druh se dále může také dělit na archaického *Homo sapiens sensu stricto* a anatomicky moderního člověka *Homo sapiens sapiens*. Porovnáme-li práci této formy člověka se staršími druhy rodu Homo, zjistíme již značné rozdíly zejména v umění, pohřbívání, zhotovování keramiky, tkaní, atd. Tato forma již měla osvojené nové strategie z hlediska ekologie, lovu s vyspělejšími zbraněmi (vrhači oštěpů); znali lépe své okolí a také chování zvířat. Muži dosahovali výšky až 180 cm a vážili kolem 70kg (Vančata, 2003).

▪ **Homo sapiens neanderthalensis**

Tento zástupce se objevuje asi před 130 000 lety v jižní Evropě a posléze na Blízkém východě a západní Asii. Anatomicky se od moderního člověka liší v mnoha důležitých znacích. Např.: velké očníce, výrazné nadočnicové oblouky, nízká a dlouhá mozkovna vyklenuta v týlu, větší zuby, menší robustní postava. Dorůstal výšky cca 170 cm a vážil přes 80 kg hmotnosti. Zatímco anatomicky moderní člověk osídlil Evropu asi před 35-30 tisíci lety, Neandrtálci vymřeli v průběhu dalších 10 000 let. Byli velice silní a adaptovaní na velkou krátkodobou zátěž v obtížném terénu (Vančata, 2003).

Vymezit faktory, které způsobily vznik **bipedie**, je pravděpodobně nemožné. Obecně lze ale popsat určité podmínky jejího vzniku. Nemůžeme tvrdit, že je bipedie energeticky méně náročná než kvadrupedie, protože záleží na tom, kde a v jaké situaci se člověk zrovna nachází. Bipédie pravděpodobně vznikla spolu se změnou chování a

také se změnami v ontogenezi (ne jako změna v biomechanice lokomočního aparátu) a to v ekosystémech bez velkého predáčního tlaku, čímž byly například lesostepi a pralesy s velkými sezónními výkyvy klimatu. Změny v ontogenezi se týkaly prodloužení batolecího a raně dětského období, dvou důležitých období pro vývoj bipedie, a na tom závislé prodlužování dolních končetin (Vančata, 2003).

▪ Hominizace

S tématem „evoluce člověka“ podle mě úzce souvisí pojem hominizace, který tady tudíž krátce podle Vančaty (Vančata, 2003) zmíním.

Člověk je tvor biosociální a pojem *kultura* zde má velký adaptivní význam. Hominizační proces se skládá ze tří etap charakteristických pro vznik rodu Homo:

a) etapa vzniku a diferenciacie hominidů na lidoopí a lidskou linii

Zvětšení mozku, přestavba CNS, manipulace ruky, pohyblivost horní končetiny, oploštění hrudníku, výroba a užití jednoduchých nástrojů, vznik sociální kultury, kdy je prokazatelné např. sdílení potravy a pomoc postiženým či zraněným; bipední lokomoce a s ní spojená přestavba těla, fyziologické změny a také změny etologické a sociální.

b) etapa rozvoje rodu Australopithecus a vzniku rodu Homo

Formování základních lidských vlastností biologických, etologických, sociálních; vzniká lidská kultura, zvětšuje se postava, mozek; prodlužují se dolní končetiny; mění se lebka a chrup; ruka s palcem v opozici hraje důležitou roli při poznávání okolí, používání nástrojů a v neposlední řadě také komunikaci.

c) evoluce rodu Homo a vznik rodu Homo sapiens

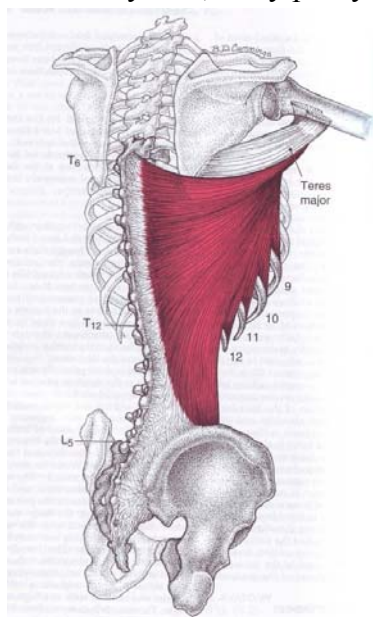
Dokončení přestavby těla na tělo lidského typu; rod Homo tvoří novou specificky lidskou niku; nástroje jsou lépe opracované a dávají vznik složeným; řeč se stává artikulovanější a objevuje se i zdobení těl a pohřební rituály (Vančata, 2003).

▪ Anatomie a funkce svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius

Jelikož v mé práci budeme porovnávat činnost dvou pro nás stěžejních svalů, uvádím zde jejich anatomii a funkci.

Musculus latissimus dorsi = široký sval zádový

Dylevský (2000) a Čihák (2008) uvádí, že je to mimořádně rozsáhlý plochý trojúhelníkový sval, který pokrývá převážnou část zádové krajiny. Má *tři začátky*:



- 1 plochá aponeuróza fascia thoracolumbalis od dorsální části crista iliaca (tzv. kyčelní část), pak od dorsální plochy kosti křížové a od trnů bederních obratlů (páteřní část),
- 2 od tří až čtyř kaudálních žeber (tzv. žeberní část),
- 3 od trnů pěti až šesti kaudálních hrudních obratlů Th12- TH 7-8 (také páteřní část) a zpravidla ještě několika snopci od povrchové fascie m. teres major.

Obr. - 15 *M. latissimus dorsi*
(Travell, Simons, 1999).

Všechny snopce se zužují směrem k podpažní jamce, kde se krátkou a plochou šlachou upínají na crista tuberculi minoris humeru, přičemž obtáčí úponovou šlachou m. teres major, před kterou se upíná a stáčí se tak o 180°. Úponová část svalu při abdukci paže vyvstává jako zadní řasa axilární, tj. zadní ohraničení podpažní jámy. Překrývá také spodní úhel lopatky. Z krční části páteře přes něj přesahuje m. trapezius. Tento sval je inervován n. thoracodorsalis z kořenové inervace C6-8 (Véle, 2006).

Funkce podle Čiháka (Čihák, 2008):

1. Abdukce a vnitřní rotace humeru – sval se účastní pohybů paže jako např. při kopání motykou. Účinek svalu je největší, působí-li ze vzpažení nebo z upažení. Například při rozporu na kruzích nebo při visu na hrazdě, kdy m. latissimus dorsi táhne od humeru za trup.
2. Dorsální flexe (extenze) humeru v kloubu ramenním spolu s m. teres major a se spinální částí svalu deltového. Tento pohyb známe třeba při oblékání kabátu.
3. Při fixované paži sval zdvíhá žebra a stává se pomocným svalem vdechovým. Avšak vnější okraj svalu napomáhá většímu zakřivení hrudní páteře a tím i zmenšení hrudníku při prudkém výdechu, třeba při kašli. Je také proto nápadně zesílen při chronickém kašli.

Zádové svaly jako celek při symetrické aktivaci extendují páteř při fixaci pánve. Zvětšují bederní lordózu a účastní se při dýchání; pracují na principu dynamické rovnováhy a přecházejí do oblasti zadních svalů šíjových, a proto se dá jejich aktivita těžko posuzovat izolovaně bez souvislosti s krční páteří. Funkci zádového svalstva lze nejlépe vyhodnotit posouzením držení těla a pohybů trupu a podle měnící se konfigurace segmentů během pohybu. Hodnocení je sice subjektivní, ale podává informaci o funkci zádových svalů (Véle, 2006).

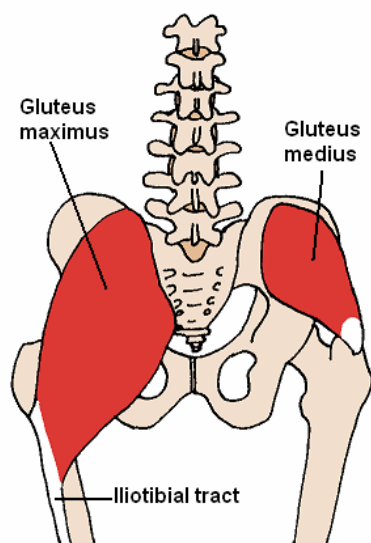
Široký sval zádový je silný přitahovač (addukce = připažení) a střední rotátor (vnitřní rotace paže), který mimo jiné také natahuje paži (zapažení = extenze). Vytáčí rameno směrem dozadu a dolů. Například pro rychlostní plavce a horolezce je síla a vytrénovanost tohoto svalu nezbytná (Lindsay, 1996).

Můžeme tento sval otestovat dorzální flexí v ramenním kloubu. Chceme-li tento sval vyhmátat na člověku, musí být paže v zevní rotaci a abdukci. Pokud bereme v úvahu plavecký způsob kraul, vidíme, že pohyb paží vodou vyžaduje sílu svalů, které vnitřně rotují, natahují a přitahují ramenní kloub. Čím je tento sval silnější, tím pro plavce lépe. Často bývá dokonce označován jako „swimming muscle“ – sval plavců (Behnke, 2006).

Musculus gluteus medius = střední hýžd'ový sval

Dylevský (2000) klasifikuje tento sval do skupiny zevních svalů kyčelních, kam patří celkem početná skupina svalů. Jsou uloženy ve třech vrstvách na vnější straně pánve. V povrchové vrstvě se vyskytuje pouze m. gluteus maximus, ve střední m. gluteus medius, v hluboké pak m. gluteus minimus a pelvitrochanterické svaly.

Musculus gluteus medius je plochý trojúhelníkový sval, který je částečně krytý (asi 1/3) m. gluteem maximem z povrchové vrstvy. Začíná na vnější ploše lopaty kyčelní kosti, pod labium externum crista iliaca a mezi linea glutea anterior et posterior.



Připojuje se krátkou šlachou svalu na přední, horní a zadní okraj velkého trochanteru. Mezi trochanterem a úponem svalu bývá bursa trochanterica musculi glutei medii. Tento sval se může skládat z více vrstev; v tomto případě se pak vyskytují svalové spojky s okolními svaly.

Inervace přichází z plexus sacralis cestou nervus gluteus superior kořenovou inervací z L4 (4. lumbální obratel) - S1 (1. sakrální obratel).

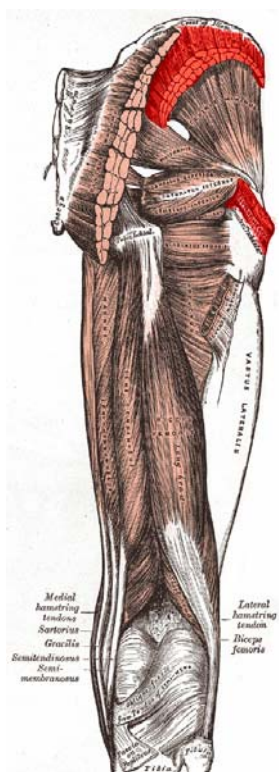
Obr. - 16 *M. gluteus medius je uložen pod větším m. gluteem maximem*
(Häggström, 2007.)

Fce podle Dylevského et al. (2000) a Čiháka (2008):

1. Abdukce (odtažení) kyčelního kloubu - unožení, respektive naklánění pánve na stejnou stranu.
2. Přispívá ke stabilitě pánve.
3. Ventrální část svalu provádí flexi a vnitřní rotaci kyčelního kloubu.
4. Dorzální snopce jsou zodpovědné za extenzi a zevní rotaci kyčelního kloubu.

Je výrazně aktivován při stoji na jedné noze nebo při stoji o „úzké bázi“. Sval je svým uložením, stavbou a funkcí jakousi obdobou deltového svalu horní končetiny.

„Kyčelní deltový sval“ dále tvoří zadní snopce m.glutaeus maximus a m. tensor fasciae latae.



Možností akce ve více směrech je tento sval významný při chůzi a při udržování rovnováhy stojícího těla, neboť se účastní flexe a extenze kyčle. Podle Véleho (2006) aktivace tohoto svalu na oporné končetině zabraňuje poklesu pánve na straně švihové končetiny při postupu dopředu. Současně se při tom mírně aktivují adduktory švihové končetiny, má-li se udržet rovný směr chůze. Pokud dojde k jeho poruše, chůze má pak ráz kolísavý a pohyby pánve jsou poněkud zvýšené ve frontální rovině a při oboustranném oslabení vzniká tzv. „kachní chůze“, která je typická zejména u myopatů. Tento sval můžeme dle Čiháka (2008) otestovat tak, že abdukujeme končetinu v rozsahu 45° ze základního postavení.

Obr. - 17 *Začátek a úpon svalu středního hýžd'ového (Häggström, 2007).*

2.2.3 Bipedální lokomoce člověka

Živočišný druh *Homo sapiens sapiens* se nachází na konci evoluce živočichů. Tento druh je charakterizován jako „specialista na univerzálnost.“ Znamená to, že člověk zvládne velkou škálu činností, pohybů, dovedností. Schopnost ovládnutí širokého spektra pohybů a činností byla dána rozvojem mozku (Vacková, 2004).

Při lokomoci jde o přesun těla z místa na místo. Může probíhat různým způsobem: plížením, plazením, lezením, bipedální chůzí v terénu, během nebo různými jinými komplexními pohyby jako při tanci nebo sportovních hrách, v boji atd. (Véle, 2006).

Sledujeme-li vývoj lidské lokomoce, zjistíme, že pro člověka byl pohyb neodmyslitelně důležitou součástí dne. Civilizace ale významně snížila zastoupení pohybu v lidském životě a to jak z hlediska jeho množství, tak i jeho kvality. Lokomoční činnosti se dokonce zredukovaly na jeden stereotyp lokomoce – chůzi.

Pokud nebereme v úvahu rekreační a výkonnostní sport, vyjde najevo fakt, že současný člověk velmi zřídka běží.

Lidská lokomoce je fylogeneticky organizována podle kvadrupedálního zkříženého vzoru. Hlavní působení svalových řetězců a smyček má diagonální (proto zkřížený) směr. Tato orientace má své důsledky i pro ostatní formy pohybu člověka (Vacková, 2004).

Člověk ve své ontogenezi postupně opouští původní kvadrupedální model lokomoce a uchyluje se k lokomoci bipedální. Při pohybu na zemi je typická formulace punkta fixa v tzv. kinematických řetězcích. Jedná-li se o kvadrupedální lokomoci, podílí se na ní jak pletenec pánevní, tak pletenec ramenní. V tomto případě jde tedy o uzavřený kinematický řetězec, který je vázán na formulaci punkta fixa přes oba pletence (Kračmar et al., 2007).

Podle Jandy (Janda in Kračmar, 2007) dochází v ontogenezi dítěte k osvobození pletence ramenního od lokomoce asi ve čtvrtém trimenonu života dítěte, což umožňuje dokončit vývoj funkce úchopu ruky s manipulací horní končetinou. Pánevní pletenec pak zajišťuje bipedální lokomoci (pracuje v uzavřeném kinematickém řetězci) za pomoci trupu a horních končetin, které svou činností zajišťují vyrovnávací funkci a pracují v otevřeném kinematickém řetězci.

Ovšem původní lokomoční funkce pletence ramenního není úplně potlačena, ale využívá se ve sportovních a rekreačních aktivitách, např. běh na lyžích, pádlování, lezení, nordic walking, atd. (Kračmar et al., 2007).

▪ **Chůze**

Nejběžnějším typem lokomoce je chůze sloužící jak základním životním potřebám, tak i při práci v zaměstnání. CNS je schopna zajistit svalovým aparátem stabilizaci vzpřímené polohy těla za předpokladu pevné opory v místě kontaktu s opornou bází na zemi tak, aby mohla působit reaktivní síla (vznikající působením gravitace) a propulzní svalové síly. K tomu je zapotřebí přilnutí dolních končetin k oporné bází jejím uchopením spojeným s fricí v místě kontaktu. Udržení polohy i pohyb při lokomoci působí antigravitační svaly. Propulzní síla, kterou produkují svaly odrazové končetiny, zvedá trup šikmo vzhůru a vpřed a švihová končetina brání pádu

trupu podporovanému gravitací při posunu těžiště vpřed, vyvolaném odrazovou končetinou (Véle, 2006).

Vzpřímená bipedální chůze probíhá optimální rychlostí a s minimálním energetickým výdejem. Je individuální u každého jedince (Dungl in Tlašková, 2008).

Volná bipedální chůze je pro člověka typická. Její organizace spočívá ve fylogenetickém kvadrupedálním lokomočním zkríženém vzoru (pohyb horních končetin má vyrovnávací funkci a trup se pohybuje v protisměrné torzi). Bipedální chůze je silově organizovanou přes pletenec pánevní (Kračmar in Tlašková).

Podle Jandy (Janda et al. in Vacková, 2004) je chůze hybným stereotypem, který člověka odlišuje od ostatních živočichů. Napřímením páteře se lidská lokomoce vyvinula jako bipedální forma lokomoce. Zároveň v sobě skrývá svoji fylogeneticky podmíněnou kvadrupedální formu s tím rozdílem, že horní (dříve přední) končetiny nejsou ve styku s pevnou oporou a nezajišťují primárně lokomoci. Jejich funkce se transformovala do vyrovnání torzních sil, a to ve spolupráci s trupem (otevřený kinematický řetězec). Chůze jako pohybový stereotyp je denně posilována.

Stereotyp chůze je řízen ze subkortikální úrovně. Dokazuje to schopnost člověka vykonávat při chůzi ještě jinou činnost – verbální komunikaci, gesta, nebo při chůzi na něco myslet. Chůzový stereotyp je řízen automaticky, nevědomě, zatímco vědomí se zabývá něčím jiným. Změna kvality chůzového stereotypu je velmi obtížná prostřednictvím verbální instrukce.

Chůzový cyklus se skládá z jednotlivých kroků, kdy celou fázi kroku jedné končetiny nalézáme v jednom dvojkroku: fáze oporná, odrazová, relaxační a švihová. Kineziologicky shledáváme chůzi jako opakovaný proces ztráty a nalézání rovnováhy ve schématu opuštění polohy – pohyb – zaujetí polohy (Vacková, 2004).

Tlašková (2008) uvádí 3 hlavní fáze podle Grosse.

Opěrná fáze se může rozdělit na 5 částí:

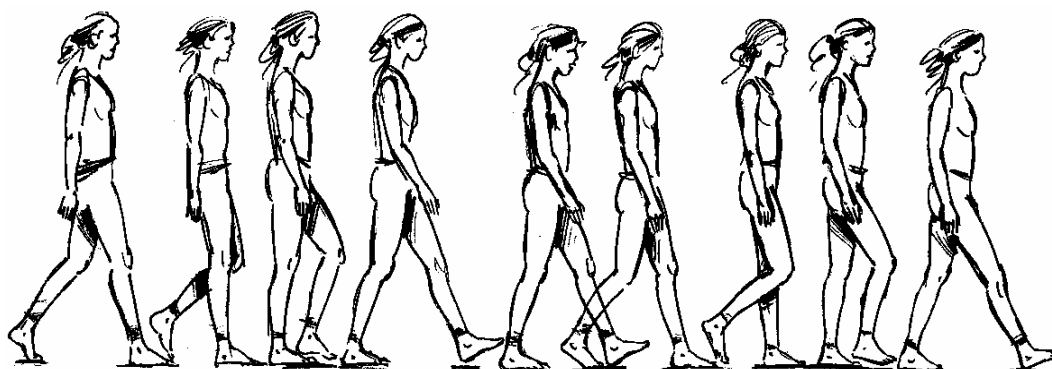
1. počáteční dotyk paty s podložkou
2. plný kontakt a zatížení celé nohy
3. stojná fáze střední
4. odlepení paty od podložky = konečná fáze stoje
5. odtržení prstů od podložky = odrazová fáze

Fáze dvojí opory je charakterizována jako fáze kroku, ve které se vyskytuje:

1. stoj na obou chodidlech
2. doba od dotyku paty jedné končetiny s podložkou po odtržení prstů druhé končetiny od podložky

Švihová fáze se dělí na 3 části:

1. počáteční fáze švihu (zrychlení)
2. střední švihová fáze
3. konečná fáze švihu (brždění)



Obr. - 18 Chůze (Kračmar in Vacková, 2004).

Při přirozené chůzi, tedy naboso, je pevný bod nejdříve „uchopen“ chodidlem, člověk se k němu přitahuje, přenáší přes něj těžiště těla a nakonec se od tohoto bodu odraží. Typické odvíjení plosky při chůzi ukazuje obr. 19. Z tohoto stereotypu se rozvinuly další druhy lokomoce.

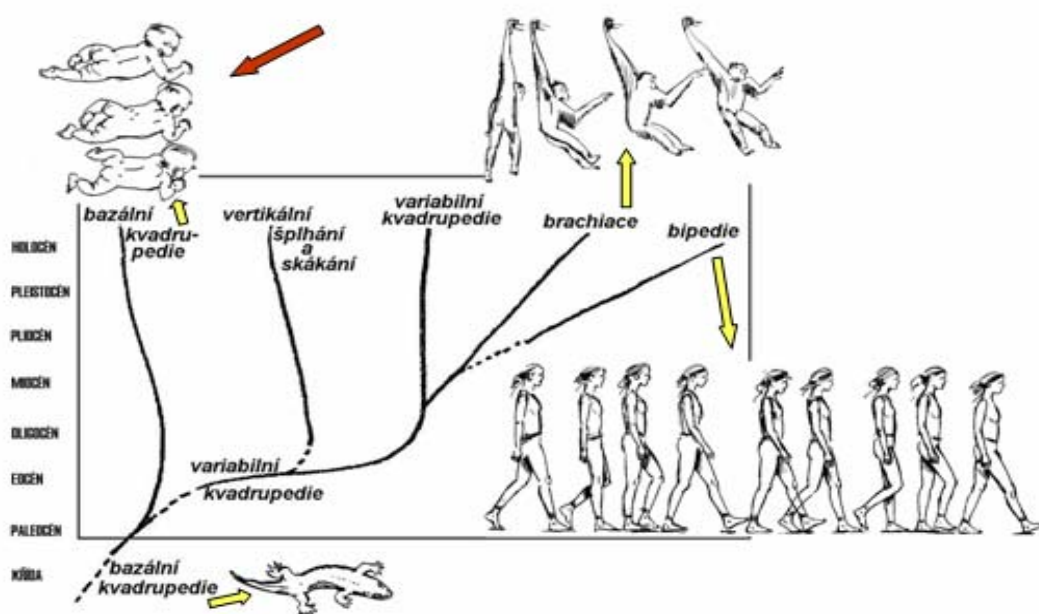
Jak už bylo řečeno, civilizace výrazně zasáhla do stereotypu chůze. Pevná podrážka omezila informační tok z plosky nohy, která je bohatá na receptory. Tvrdá, neohebná podrážka pak mění stereotyp chůze omezením odvíjení plosky od podložky. (Vacková, 2004).



Obr. - 19 Odvíjení plosky od podložky při chůzi (Kračmar in Vacková, 2004).

Dnešní člověk je poznamenán civilizačními vymoženostmi (např. dopravní prostředky, dostupnost potravin v obchodech) a je pro něj tudíž téměř nepřírozené provádět jinou lokomoci než chůzi. Ovšem právě to postupně lidem docházelo a začaly se vyvíjet různé druhy sportů, které nedostatek pohybu mohly nahradit. Člověk začal běhat přes překážky, bruslit, skákat, jezdit na kajaku či jiné lodi, šplhat, tančit, lézt na stěně a po horách, běhat na lyžích či sjezdovat z kopce.

Vacková (2004) uvádí, že lidská lokomoce (i sportovní) vychází z kvadrupedálního zkříženého vzoru. Pro charakteristiku lokomoce zajišťované přes pletenec pánevní stanovuje jako výchozí pohyb chůzi. Obsah tohoto typicky lidského stereotypu podle Jandy nám dovolí posoudit, nakolik se specifická sportovní lokomoce blíží tomuto stereotypu.



Obr. - 20 Vymezení lidské lokomoce (upraveno podle Vančaty, 2009).

2.3 ELEKTROMYOGRAFIE

2.3.1 Co je to EMG

Elektromyografie (používáme zkratku EMG) je podle Dufka (1995) označení pro elektrofyzilogické metody, které umožňují vyšetřit hlavně stav periferního nervového systému a kosterního svalstva. K těmto metodám patří např. indukční studie periferních nervů, vyšetření svalů jehlovou elektrodou, vyšetření blink-reflexu. Metody se označují jako elektrofyzilogické proto, že na membránách nervových a svalových buněk probíhají elektrické děje. Projevy těchto dějů se pak zachycují. Všechny tyto metody ale vychází ze stimulace a záznamu aktivity z periferních nervů nebo svalu. Některé z nich vyšetřují i činnost omezené části centrálního nervového systému (Dufek, 2005).

Jakýkoli pohyb – od elementárního až po lokomoční – je výsledkem procesů, které probíhají jak ve svalu, tak i v nervosvalovém systému. Je tedy nezbytné při výskytu určitých poruch otestovat celý senzomotorický systém, k čemuž nám poslouží různé vyšetřovací techniky. Např. vyšetření vedení impulzu v periferních nervech a jeho přenos na sval; jehlovými elektrodami pak měříme elektrické potenciály, na základě kterých pak vzniká kontrakce svalových vláken; je možné testovat jednodušší i složitější reflexy, a to zaregistrováním odpovědi na stimulace z větší vzdálenosti (Keller, 1999).

Podle Otáhala (2001) elektromyografie graficky znázorňuje elektrickou aktivitu kosterních svalů, kterou je možno snímat buď z povrchu těla, nebo z extracelulárního prostoru svalu (Otáhal, 2001).

Tato technika nám umožňuje zejména testovat centrální i periferní nervový systém (Kadaňka a spol., 1994).

Každopádně je EMG technikou, která lékařům umožňuje kontrolu a hodnocení funkčního stavu pohybového systému a jeho inervace. K této kontrole, čili vyšetření, slouží elektromyograf. Tento přístroj se skládá z elektrod, zesilovače, procesoru a obrazovky. V závislosti na charakteru nervosvalového onemocnění pak lékař použije vhodnou techniku pro vyšetření. Buď techniku konduktivní nebo jehlovou (Kasperová, 2004).

Tato vyšetřovací metoda snímá aktivitu svalu. Důvodem používání EMG je možnost hodnotit tzv. svalové vzorce, které se projevují při jednotlivých pohybech (např. chůze, klus, cval). Dají se tak odhalit chybné pohybové návyky a následně pak

přepracovat ve správné. Předmět měření spočívá v zachycení časových vztahů mezi činnostmi několika svalů. EMG se využívá v rehabilitačním lékařství či sportovní medicíně (Trojan, 2005).

2.3.2 Jak EMG pracuje

Měří se rychlost vedení vzruchu ve stimulovaném nervu a velikost elektrické odpovědi na stimulaci ve svalu nebo v jiném místě nervu. Přístrojem se zjišťuje, jak rychle je veden vzruch do výkonného svalu. Speciální techniky umožňují měřit změny velikosti elektrické odpovědi ve svalu při opakované stimulaci. Jehlovou elektromyografií se měří vzruchy na tzv. motorických jednotkách (motorická jednotka je soubor svalových vláken zásobených jedním nervovým vláknem). Výsledkem vyšetření je EMG křivka (Kasperová, 2004).

Parametry EMG signálu jsou ovlivněny jednak fyziologickými faktory a také vlivem faktorů metodického postupu detekce a zpracování signálu. Fyziologickými faktory rozumíme počet detekovaných aktivovaných motorických jednotek, typ a průměr svalových vláken, hloubku a umístění aktivních svalových vláken uvnitř svalu, množství tkáně mezi elektrodami a aktivními motorickými jednotkami, stabilitu náboru, a podobně (De Luca, 1993).

V oblasti detekce se jedná především o elektrodovou konfiguraci, která je dána velikostí, tvarem, lokalizací elektrod a jejich vzdáleností. Za optimální pro biomechanické aplikace De Luca považuje: vzdálenost elektrod 10 mm, velikost elektrody – délka 10 mm, šířka 1 mm. Obvyklá lokalizace elektrod je ve střední linii svalu přes největší bříško svalu (případně mezi motorický bod a šlachou) s detekčním povrchem orientovaným kolmo k průběhu svalových vláken (De Luca, 1993).

Prvotním zdrojem změny elektrického potenciálu uvnitř svalu je depolarizace a následná repolarizace povrchové membrány svalového vlákna. Při depolarizaci membrány dochází k pohybu iontů a generování elektrického pole v blízkosti svalového vlákna. EMG signál je výsledkem sledu akčních potenciálů motorických jednotek, které jsou detekovány povrchovou elektrodou v blízkosti kontrahovaných svalových vláken. Akční potenciál prochází při měření povrchového EMG přes přilehlé svalové tkáně, hlavně tuk a kůži, na jejímž povrchu je detekován (Sedliská in Tlašková, 2008).

Zpracování EMG signálu se uskutečňuje pomocí frekvenční filtrace a případně matematickou úpravou – rektifikací. Při měření je užito frekvenčních filtrů pro snížení vlivu arteficiálního šumu, který vzniká zejména v důsledku pohybu kabelů či při nedostatečné fixaci elektrod (Rodová et al. in Tlašková, 2008).

▪ Elektrody

Elektrody dělíme podle své funkce na stimulační a registrační a podle charakteru použití na povrchové a jehlové. Stimulační jsou obvykle párové. Katoda, kterou přikládáme na místo, které chceme stimulovat, se označuje barevně. Registrační elektrody bývají kovové a buď kruhové, obdélníkové nebo čtvercové disky. Aktivní elektroda má barevně označený kabel a umísťuje se do bodu, ze kterého chceme snímat. Referenční elektroda je druhým vstupem zesilovače. V blízkosti těchto elektrod je třeba umístit elektrodu zemnicí, která je také propojena s přístrojem. Zemnicí elektroda může být pásková nebo disková a má větší kontaktní plochu. K zachování optimálních vodivých vlastností je třeba udržovat elektrody čisté a s hladkým povrchem. Kůže, na kterou se elektrody připevní, se musí očistit, odmastit a pak se na ní aplikuje vodivý gel (Keller, 1999). Elektrody se mohou připevnit ke kůži leukoplasty nebo se použijí elektrody samolepící (Kadaňka et al., 1994).

Vyšetření jehlou může probíhat pomocí různých typů jehlových elektrod. Známe monopolární jehlové elektrody, koncentrické monopolární elektrody, koncentrické bipolární elektrody, single fibre elektrody, makro EMG elektrody, vícesvodové single fibre elektrody. Délka jehly se obvykle pohybuje od 20 do 65 mm (Dufek, 1995).

Všechny elektrody musí být udržovány v čistotě a suchu, aby se zabránilo korozi a uchovala se dostatečná vodivost (Keller, 1999).

3 METODIKA PRÁCE

3.1 CÍL A ÚKOLY PRÁCE

- **Cíl práce**

Porovnání krokového cyklu zvolených zástupců bipedů a kvadrupedů a současné porovnání aktivity svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius během různých druhů lokomoce pomocí kineziologické analýzy.

- **Úkoly práce**

1. Shromáždění teoretických podkladů o bipedii a kvadrupedii
2. Shromáždění teoretických dat z anatomie a kineziologie svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius
3. Nashromáždění a zpracování dat týkajících se kvadrupední lokomoce koně (krok a cval) dle Nicholson (2002, 2003)
4. Shromáždění teorie týkající se EMG
5. Zvolení vhodného probanda a příprava prostředí pro realizaci měření
6. Analýza aktivace a relaxace vybraných svalů při zvolených typech lokomoce
7. Zpracování a interpretace dat

3.2 HYPOTÉZY

H1 Timing pohybu horních končetin při chůzi bipeda se bude opožďovat oproti timingu pohybu hrudních končetin při kroku kvadrupeda.

H2 Timing aktivace vybraných svalů při cvalu bipeda se bude podobat timingu zapojení vybraných svalů při cvalu kvadrupeda.

3.3 OBECNÝ CHARAKTER VÝZKUMU

Inspirovali jsme se pilotní případovou studií (Kračmar et al., 2006).

Předmětem komparace je průběh různých druhů lokomoce (chůze, cval) u člověka a koně. Podstatou studie bude sledování elektrické aktivity svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius při chůzi a cvalu člověka pomocí EMG analýzy, analýzy kinematické a následné porovnání s krokem a cvałem koně.

Při snímání EMG bude současně pořízen i videozáznam. Zaznamenaná data budou převedena do počítače. Výzkum probíhá ve spolupráci s katedrou sportů v přírodě FTVS UK.

Práce zkoumá rozdíly v míře zapojení svalů latu a glutu při lokomočních pohybech bipeda a kvadrupeda.

Rozhodující metodou výzkumu bude povrchová EMG analýza synchronizovaná s videozáznamem. Výzkum je klasifikován jako terénní, bez omezení laboratorními podmínkami.

▪ Poznámka k použití metody povrchové EMG

Podle Kračmara (2007) vyvolává elektromyografie jako metoda objektivizace svalových funkcí řadu kontroverzních názorů. Důležité je si uvědomit, že neměříme ani svalovou sílu, ani svalovou práci, ale měříme elektrický potenciál. Ten existuje při svalové aktivaci a nejvěrněji ji ilustruje na topicky přesně vymezeném místě svalu živého organismu. Z elektrického potenciálu usuzujeme na aktivitu motorické jednotky a z té na práci svalu.

Dále je nutné si uvědomit zejména:

1. Kvantitativně můžeme srovnávat pouze výsledky měření na 1 osobě bez přelepování elektrod a bez velké časové pauzy mezi měřením (pocení, odlepení elektrody). Nevýhodou je minimální možnost zobecnění výsledků.
2. Při analýze pohybové aktivity je vhodné vybrat probanda s vysokou mírou koordinace pohybu a s pevně fixovaným hybným stereotypem.
3. Zapojení velkého počtu motorických jednotek vyplývající ze vzájemné interference způsobuje deformaci křivky, přibližně od zapojení 50%

motorických jednotek nestoupá křivka dále lineárně, není možné poměrné posouzení svalové práce. Můžeme však konstatovat, jestli se svalová práce u jednoho svalu zvětšila nebo zmenšila mezi 2 různými činnostmi.

4. Bezvýznamná je snaha o poměrné posouzení svalové práce mezi 2 různými svaly. Do hry vstupuje různá vodivost kůže na různých místech těla, odlišná síla podkožního tuku, různá velikost motorických jednotek (např. okohybné svaly vs. m. gluteus maximus).

Lokalizace elektrod je možná pouze do jednoho určitého místa svalu. Popisujeme-li aktivaci svalu, popisujeme vlastně aktivaci pouze místa svalu, kde jsou lokalizovány elektrody. Předpokládáme-li zřetězení svalových funkcí, pak při změně úhlu v kloubu se může posunout řetězec největšího zatížení v samotném svalu a znehodnotit tak výsledky měření. Východiskem je expertní vyhledání místa největší svalové kontrakce pro lokalizaci elektrod. Je samozřejmě nutné simulovat pohyb co nejvěrněji – tvar pohybu i charakteristika práce svalů ve smyslu kontrakce koncentrická vs. excentrická (Kračmar, 2007).

3.4 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO PROBANDA

Jak jsem výše uváděla, metodu EMG je nejlepší pro výzkumné účely použít u jedince, který disponuje vysokou mírou koordinace pohybu s pevně fixovaným hybným stereotypem. Proto jsme zvolili zdravého probanda, který se 10 let závodně věnoval sportovní gymnastice a 9 let judu na vrcholové úrovni – mistr ČR, účastník ME a světového poháru. Jeho bohaté sportovní zkušenosti zaručují vysokou míru koordinace pohybu. Zpracování a prezentace výsledků bude probíhat anonymně.

3.5 POUŽITÉ METODY A PŘÍSTROJE

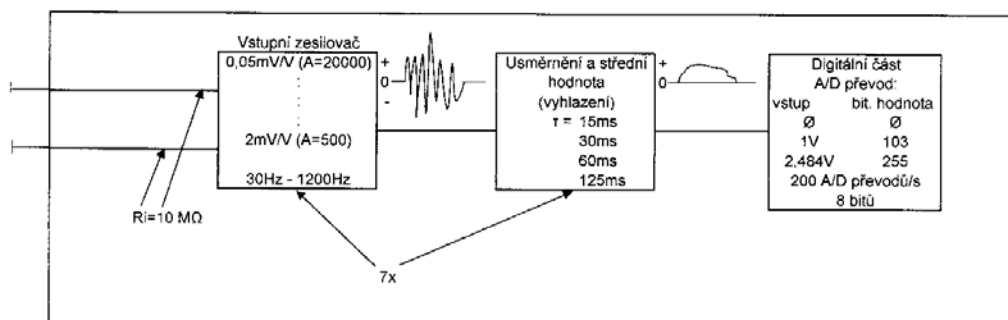
Provedli jsme povrchové měření EMG u svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius a doplnili jsme ho o jednoduchou kinematickou analýzu pomocí časové analýzy videozáznamu. U zvoleného probanda jsme naměřili 4 sekvence 10 vteřin chůze a 4 sekvence 10 vteřin cvalu s pravou dolní končetinou vpřed.

3.5.1 Mobilní přístroj EMG

Při našem výzkumu bylo pro snímání elektrické aktivity svalů použito přenosného zařízení na bázi EMG KaZe05, které bylo vyvinuto na FTVS UK v Praze panem Karlem Zelenkou a je uzpůsobeno pro měření povrchové elektromyografie v terénních podmínkách.

K dispozici je 7 kanálů pro přenos EMG potenciálů ze svalů s osmým kanálem pro synchronizaci EMG záznamu s videokamerou. Vzorkování probíhá rychlostí 200 vzorků za sekundu, přičemž spodní filtr je 30 Hz a horní filtr 1200Hz. Na zápěstí se uzemňuje 7 dvojic plochých elektrod o průměru 7mm se vzdálenostmi středů 30mm. Regulace citlivosti je od 0,05 do 2 mV. Usměrnění střední hodnoty (vyhlazení signálu) má čtyři možnosti nastavení, a to 15 ms, 30 ms, 60 ms a 125 ms. V našem měření bylo použito vyhlazení 60 ms. Délku měření lze nastavit v intervalu 5 sec – 4 min 50 sec. Záznam z vnitřní paměti přístroje je po ukončení série 1 – 7 měření převeden do přenosného PC. Ke zpracování EMG záznamu používáme počítačového programu Microsoft Excel. Vizuální synchronizaci videa a naměřených EMG záznamů provádíme počítačovým program Dartfish.

Blokové schéma přístroje lze vidět na obrázku 21.



Obr. - 21 Schématické znázornění terénního přístroje pro EMG záznam KaZe05 (Zelenka, 2008).



Obr. - 22 Přenosné EMG zařízení KaZe05 (Sedliská, 2007).

▪ **Technická specifikace:**

| | |
|-------------------------------|--|
| <i>Výrobce a autor:</i> | Karel Zelenka, UK FTVS v Praze |
| <i>Charakteristika:</i> | nezávislý polyelektromyografický mobilní přístroj pro snímání elektrického potenciálu svalů |
| <i>Počet měřicích kanálů:</i> | 8 (7 kanálů pro EMG měření potenciálů svalových skupin, 1 kanál pro synchronizaci s videozáznamem) |
| <i>Vzorkování:</i> | 200Hz |
| <i>Frekvence:</i> | 30 – 1200 Hz při 3dB/kanál |
| <i>Stupeň citlivosti:</i> | nastavitelný v rozmezí 6 – 0,05 mV |

3.5.2 Digitální videokamera

▪ **Technická specifikace:**

| | |
|-----------------------------------|--|
| <i>Typ:</i> | digitální videokamera CANON HDV 1080i SONY |
| <i>Rozlišení:</i> | 3,1 megapixely |
| <i>Frekvence snímání obrázků:</i> | 25 obr/sec |

3.6 SLEDOVANÉ SVALY

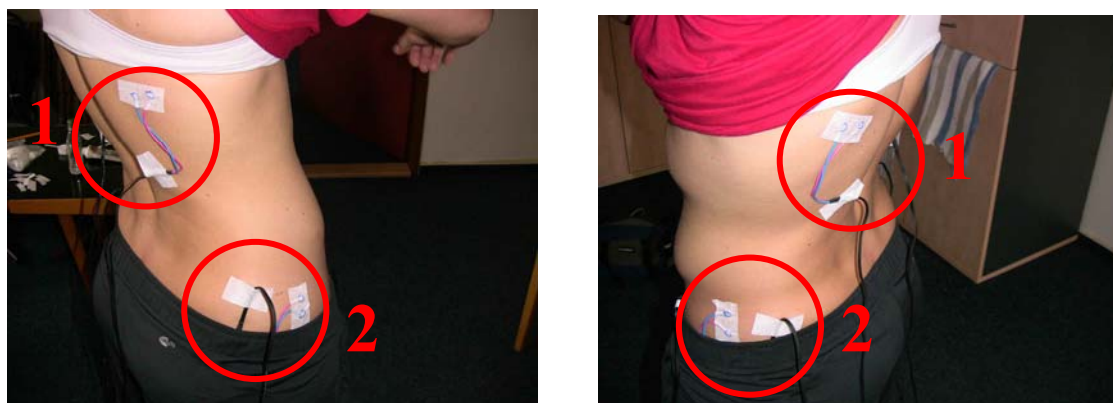
Svaly, jejichž aktivitu jsme sledovali a měřili, jsou popsány v teoretické kapitole 2.2.2. a byly vybrány díky funkcím, které podle Véleho (2006), Čiháka (2008), Dylevského (2000), Behnkeho (2006) a Lindsaye (1996) při lokomoci zastávají.

Měřili jsme aktivitu těchto svalů:

- m. latissimus dorsi dexter et sinister
- m. gluteus medius dexter et sinister

3.7 LOKALIZACE ELEKTROD

Na fotografiích je vyznačena lokalizace elektrod pro snímání EMG potenciálů ze sledovaných svalů.



Obr. - 23 Umístění elektrod: Vlevo: 1 – m. latissimus dorsi dexter, 2 – m. gluteus medius dexter. Vpravo: 1 – m. latissimus dorsi sinister, 2 – m. gluteus medius sinister.

3.8 POPIS TECHNIKY MĚŘENÍ

Ze všeho nejdříve jsme aplikovali povrchové elektrody na tělo probanda, a to podle ověřených fyzioterapeutických postupů – svalový test dle Jandy, simulace požadovaného pohybu a současná palpce svalů. Pak se tato vhodná místa označila a byly na ně připevněny elektrody. Posléze došlo ke kalibraci přístroje a bylo provedeno několik testů, abychom si mohli být jisti reliabilitou výsledků měření. Vlastní měření probíhalo během asi 1,5 hodiny.

- **Pohyby pro měření**

Při měření jsme se rozhodli pro následující pohyby: chůze, cval pravou DK vpřed.

- **Popis místa měření:**

Výzkum jsme prováděli v prostoru tělocvičny na FTVS UK. Teplota vzduchu dosahovala normálních hodnot pro tělocvičnu, a to 18°C.

3.9 ZPŮSOB VYHODNOCENÍ A INTERPRETACE DAT

Pro náš výzkum jsme používali komparativní analýzu. V případě kvadrupeda jsme vycházeli z Nancy Nicholson (2002, 2003). Informace týkající se lokomoce bipeda jsme získali formou případové studie povrchovým měřením EMG u námi zvolených svalů a doplnili jsme ho o jednoduchou kinematickou analýzu pomocí časové analýzy videozáznamu.

U kroku jsme porovnávali pouze polohy končetin v různých fázích kroku, protože u kvadrupeda nebyly k dispozici aktivity svalů. U cvalu jsme pak porovnávali jak polohy končetin, tak aktivity námi zvolených svalů v jednotlivých krokových fázích cvalu.

Měření na probandovi nebylo uskutečňováno v rozporu s etickými pravidly a nebyly při něm používány žádné invazivní metody. Vyjádření etické komise UK FTVS je k nahlédnutí v kapitole Přílohy (kap. 9).

4 VÝSLEDKY PRÁCE

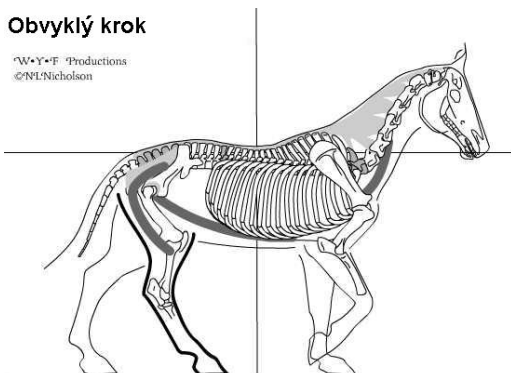
4.1 LOKOMOCE KONĚ

4.1.1 Krok

Pro naše účely jsem vybrala 6 nejdůležitějších a pro nás zajímavých fází.

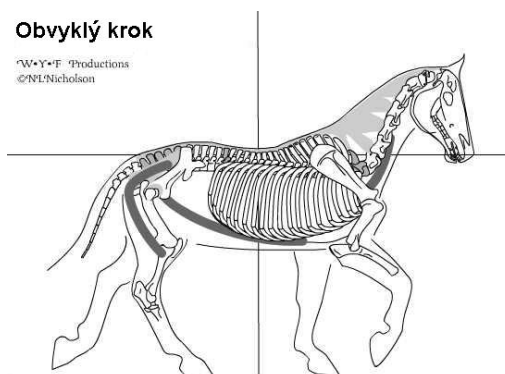
Obvyklý krok

W•Y•F Productions
©N•L•Nicholson



Obvyklý krok

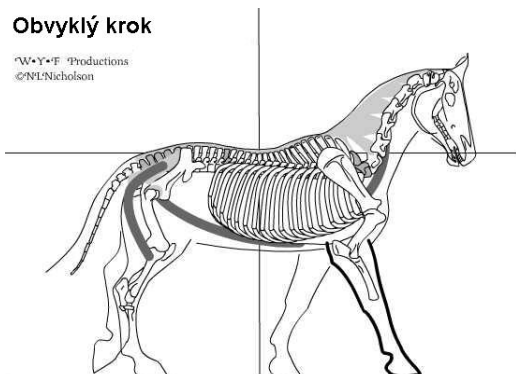
W•Y•F Productions
©N•L•Nicholson



Obr. - 24 Vlevo I. fáze kroku. Vpravo II. fáze kroku (Nicholson, 2003).

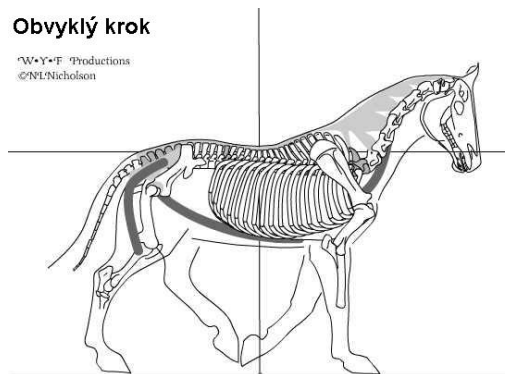
Obvyklý krok

W•Y•F Productions
©N•L•Nicholson



Obvyklý krok

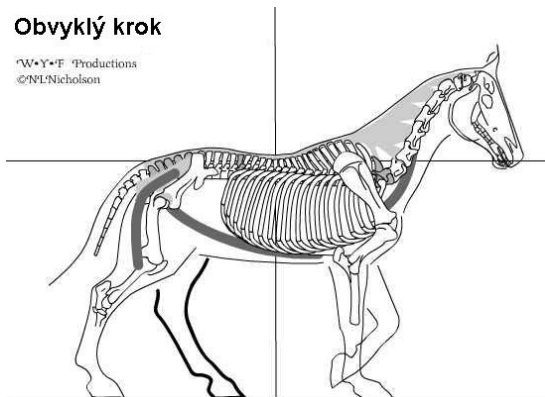
W•Y•F Productions
©N•L•Nicholson



Obr. - 25 Vlevo IV. fáze kroku. Vpravo VI. fáze kroku (Nicholson, 2003).

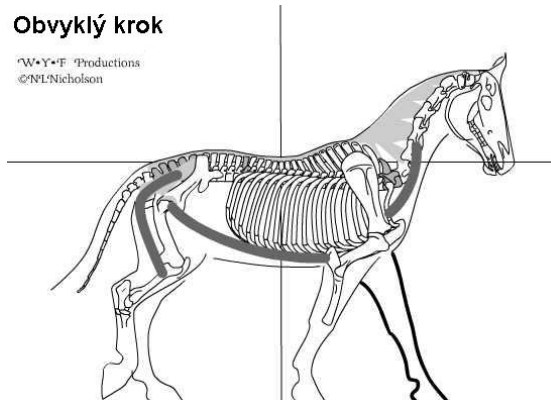
Obvyklý krok

W•Y•F Productions
©N•L•Nicholson

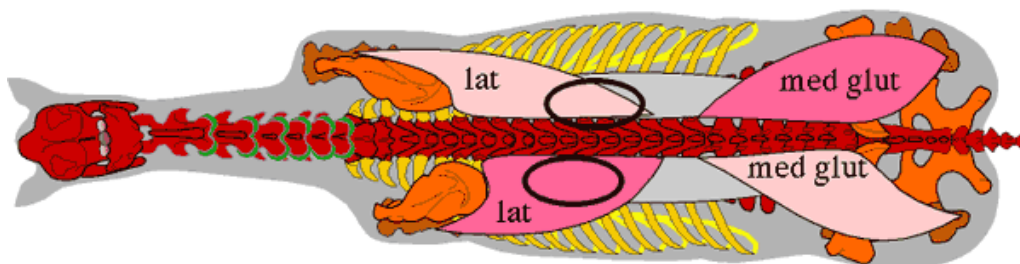


Obvyklý krok

W•Y•F Productions
©N•L•Nicholson



Obr. - 26 Vlevo VII. fáze kroku. Vpravo X. fáze kroku (Nicholson, 2003).

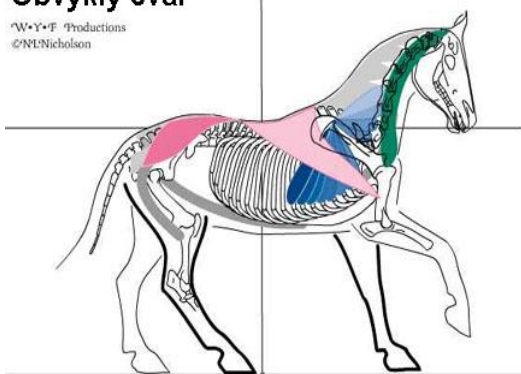


Obr. - 27 Pohled na koně shora, fáze P poloviny kroku (Nicholson, 2002).

4.1.2 Cval

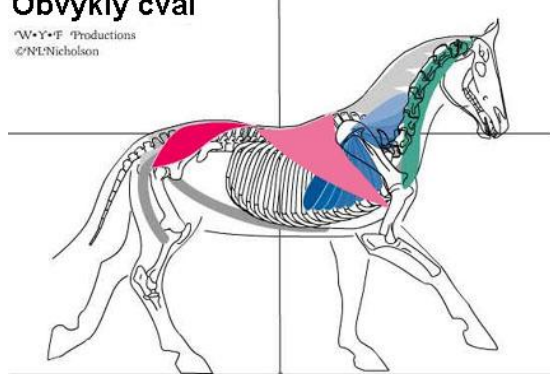
Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©NLNicholson



Obvyklý cval

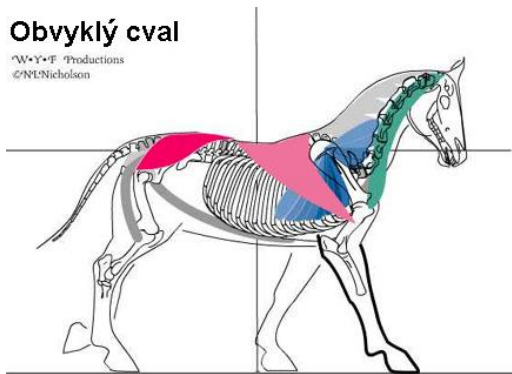
W•Y•F Productions
©NLNicholson



Obr. - 28 Vlevo I. fáze cvalu. Vpravo II. fáze cvalu (Nicholson, 2003).

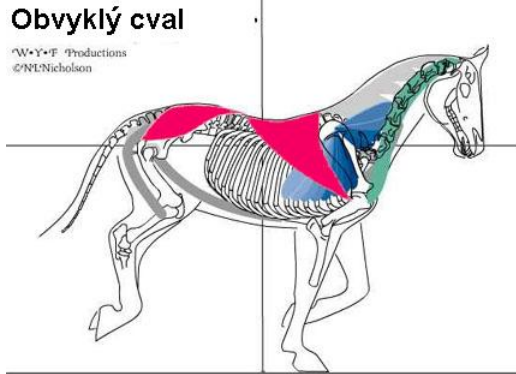
Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©NLNicholson



Obvyklý cval

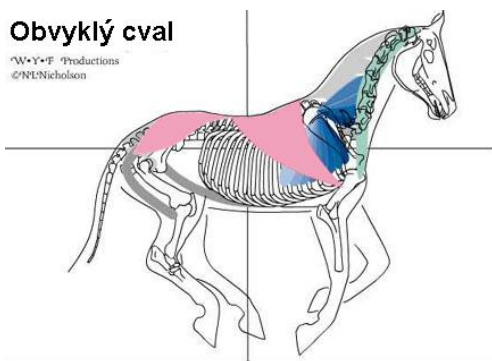
W•Y•F Productions
©NLNicholson



Obr. - 29 Vlevo III. fáze cvalu. Vpravo IV. fáze cvalu (Nicholson, 2003).

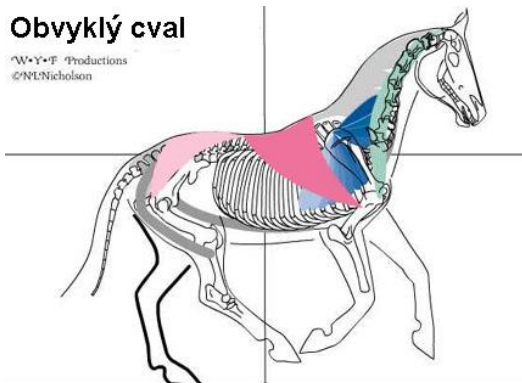
Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©NLNicholson



Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©NLNicholson

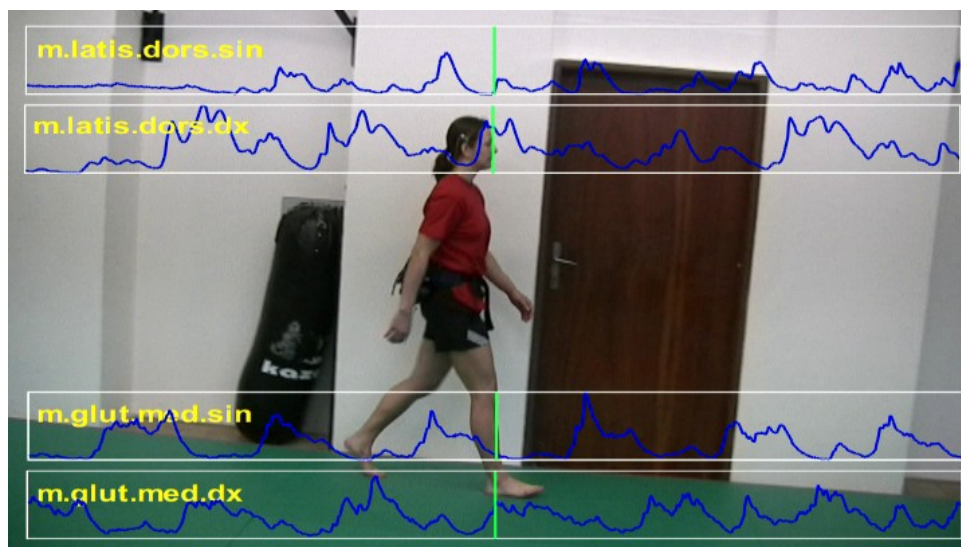


Obr. - 30 Vlevo V. fáze cvalu. Vpravo VI. fáze cvalu (Nicholson, 2003).

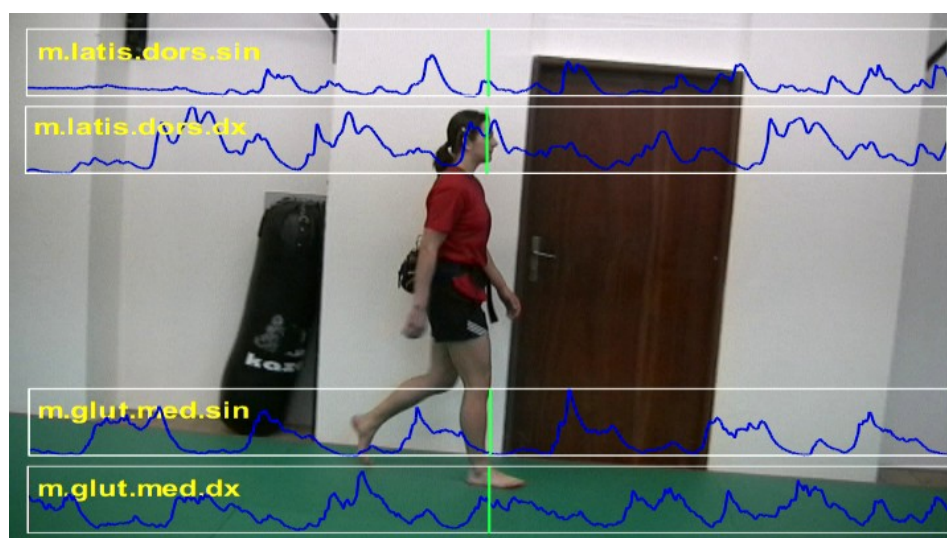
4.2 LOKOMOCE ČLOVĚKA

4.2.1 Chůze

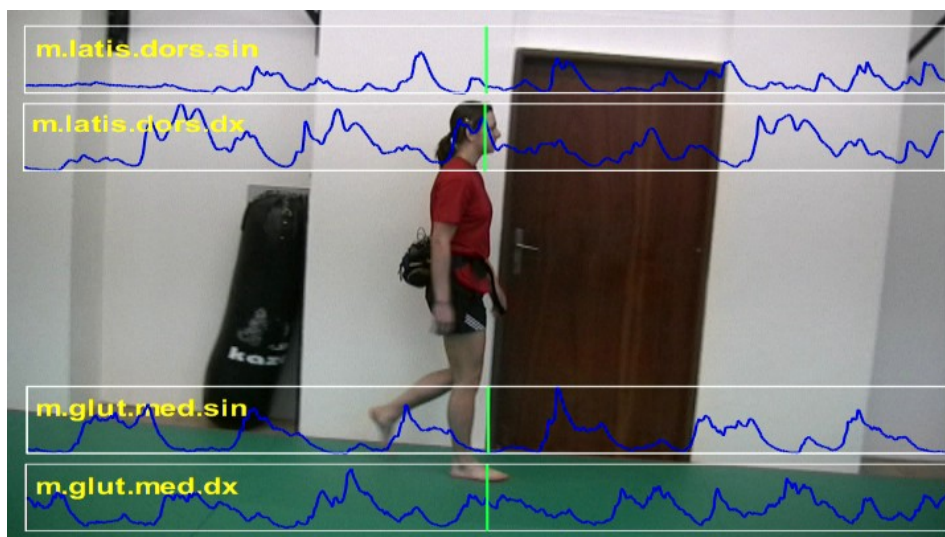
Z grafů je možné sledovat kontrakce a relaxace námi zvolených svalů:



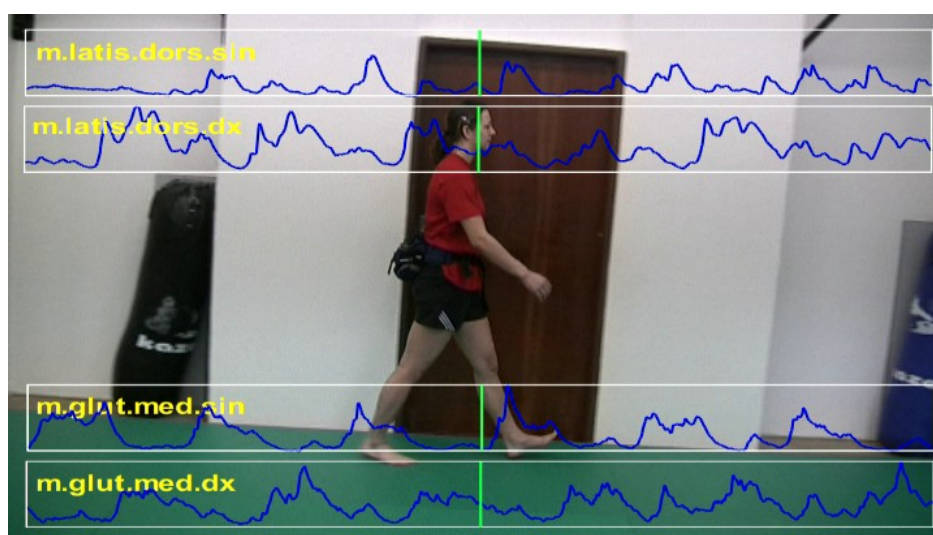
Obr. - 31 *Bipedie – chůze - I. fáze kroku* .



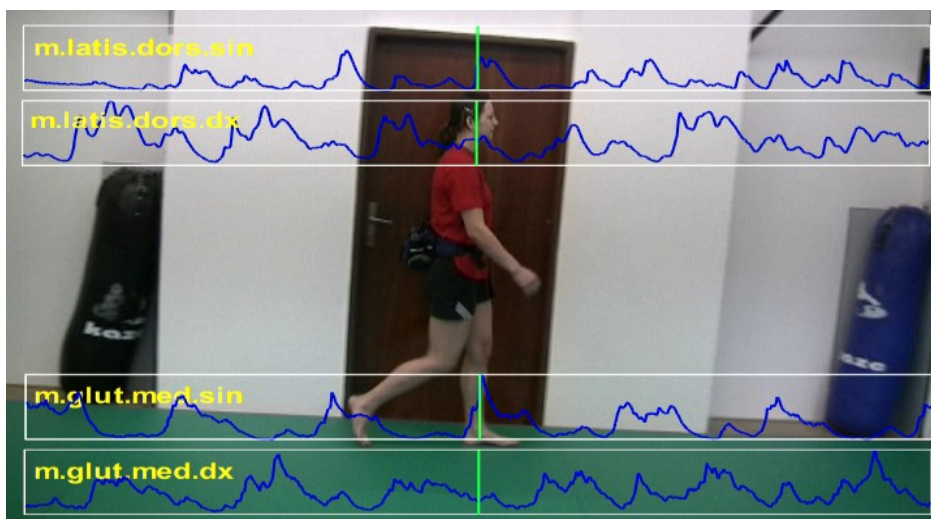
Obr. - 32 *Bipedie – chůze - II. fáze kroku.*



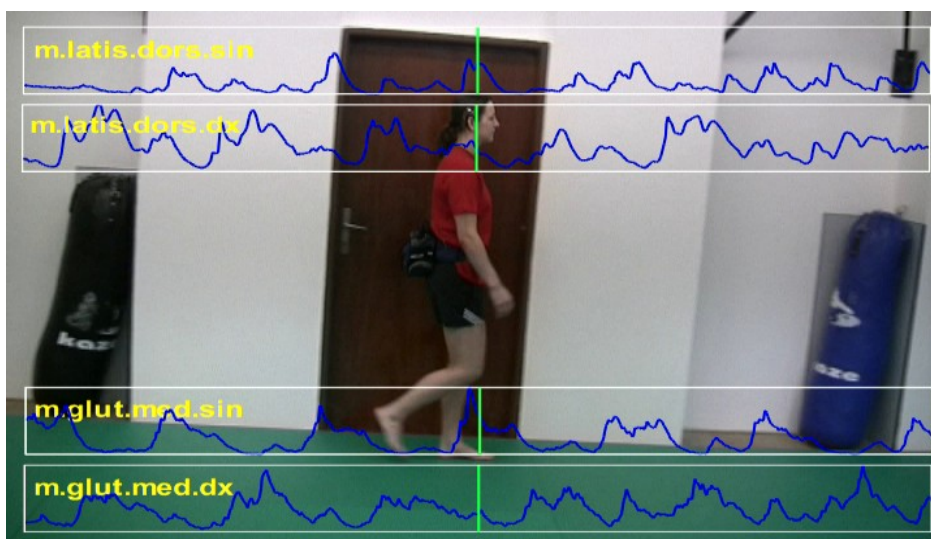
Obr. - 33 Bipedie – chůze - III. fáze kroku.



Obr. - 34 Bipedie – chůze - IV. fáze kroku.



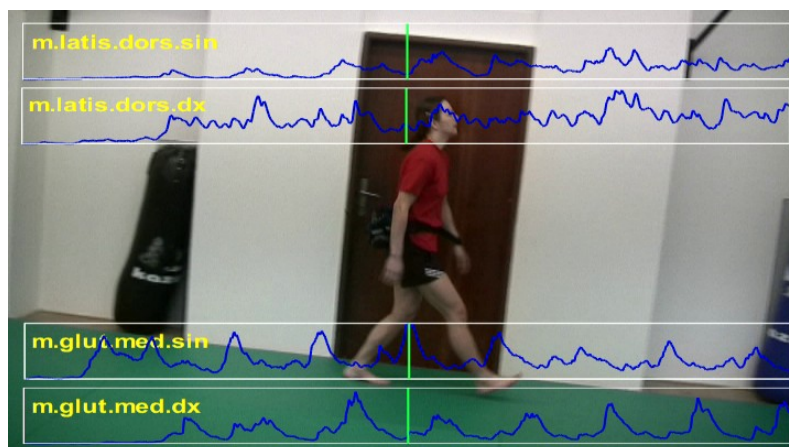
Obr. - 35 Bipédie – chůze - V. fáze kroku.



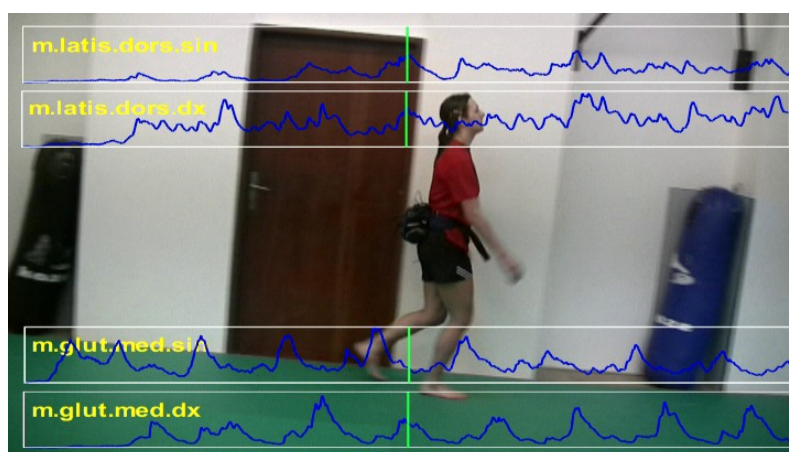
Obr. - 36 Bipédie – chůze – VI. fáze kroku.

4.2.2 Cval

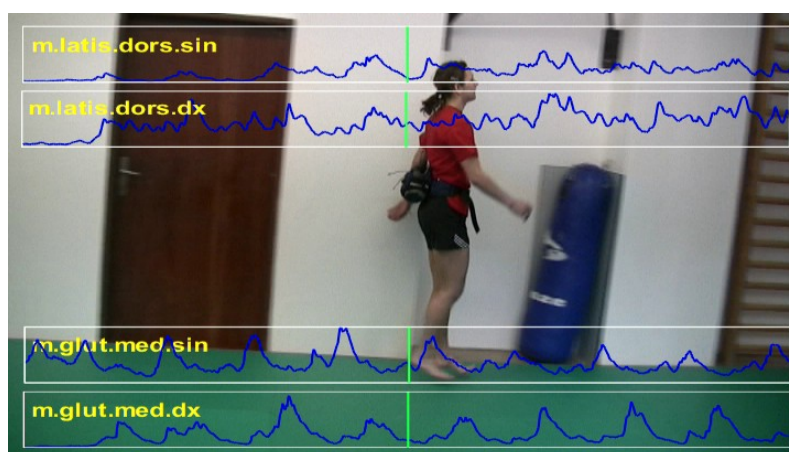
Z grafů je možné sledovat vyznačení lokálních maxim znázorňujících momentální aktivitu čtveřice námi zvolených svalů. Měřený cval probíhal P dolní končetinou (dále DK) ve ventrálním směru a L DK na došlapu.



Obr. - 37 *Bipedie – cval – I. fáze.*



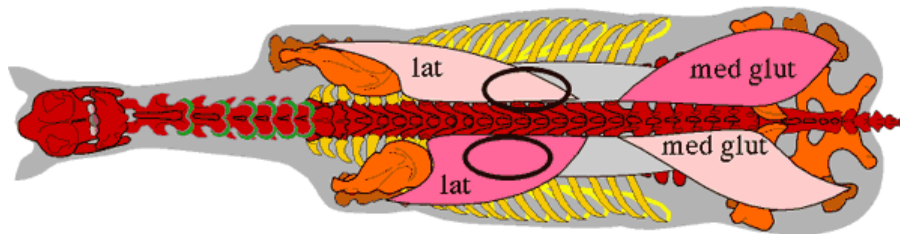
Obr. - 38 *Bipedie – cval – II. fáze.*



Obr. - 39 *Bipedie – cval – III. fáze.*

5 DISKUSE

Rozbor kroku koně dle Nicholson (2003) a kroku člověka pomocí EMG záznamu synchronizovaného s videozáznamem.



Obr. - 40 Pohled na koně shora, fáze P poloviny kroku; žlutě znázorněn hrudní koš, červeně - lebka s páteří, oranžově - pánev a končetiny, zeleně - vazy a meziobratlové ploténky, růžově - m. latissimus dorsi a m. gluteus medius (Nicholson, 2002).

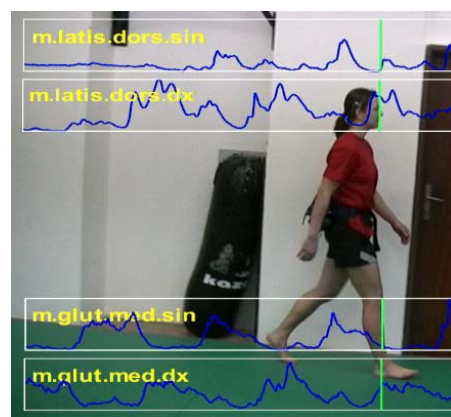
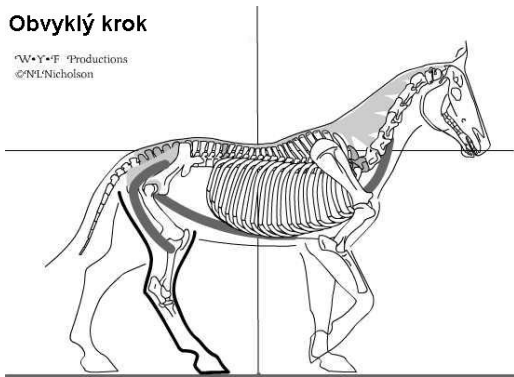
Obrázek č. 40 ukazuje shora diagonální páry končetin spolu s důležitými svaly, pomocí kterých tyto končetiny správně fungují. Černé elipsy znázorňují, kde jezdec sedí a má možnost cítit kontrakce (tmavě růžové) a relaxace (světle růžové) důležitých svalů „laty“ a „gluty“. Ty jsou spolu spojeny povázkami, které nejsou z obrázku patrné.

V této fázi kroku je váha koně soustředěna na pravém diagonálním páru končetin a kůň se nachází ve fázi pravé poloviny kroku. Je zde patrné „písmeno X“, které tvoří dva „laty“ (hrudních končetin) a dva „gluty“ (pánevních končetin). Jezdec cítí svaly, které pracují, díky tomu pozná, která končetina je v pohybu (Švehlová, 2002).

I. Fáze kroku

Obvyklý krok

W•Y•F Productions
©N.L.Nicholson



Obr. - 41 Vlevo - znázornění P poloviny kroku a prvního úderu kopyta (Nicholson, 2003). Vpravo - počáteční dotyk P DK s podložkou, vyznačení prvního lokálního maxima *m. lat. dorsi dx.* a lokálního max. *m. gluteus medius dx.*

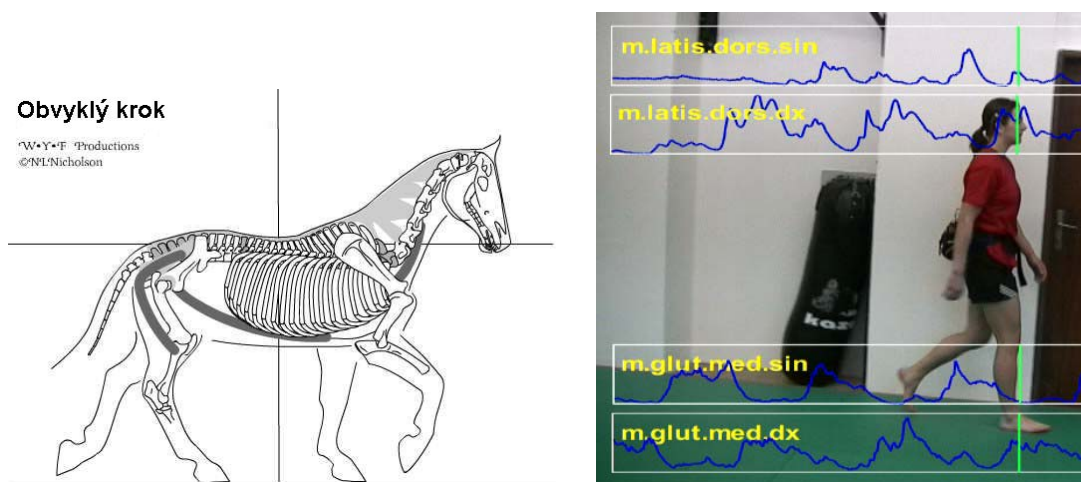
Kvadruped: Počátek kroku koně je určen od úderu P pánevní končetiny (dále PK). P diagonála je ve fázi podpěru a právě ukončuje sunutí celého těla koně kraniálně (Švehlová, 2003), P kyčel se nachází ve flexi. L PK je ještě ve styku s podložkou, momentálně je kyčel aktivitou glutu v maximální extenzi. P hrudní končetina (dále Hr.K) je na začátku fáze přenosu kraniálním směrem a kůň stojí na zemi třemi končetinami. L Hr.K je součástí pravé diagonály (spolu s P PK) a je ve fázi podpěru.

Biped: V opěrné fázi kroku (P DK) je znázorněn počáteční dotyk pravé DK s podložkou (zformování puncta fixa), odlepení paty L DK od podložky. Stále je zde patrná fáze dvojí opory. P horní končetina (dále HK) se zastavuje v pohybu dorsálním a sekunduje tak levé DK ve kvadrupedálním lokomočním zkříženém vzoru (viz kap. 2.2.3.).

- *m. lat. dorsi sin.* – je relaxován, L HK dokončuje flexi ramenního kloubu
- *m. lat. dorsi dx.* – kontrahuje – P HK je v extenzi
- *m. glut. med. sin.* - relaxace
- *m. glut. med. dx.* – svou kontrakcí naklání pánev k P straně a umožňuje tak levé DK vyvýšený stoj na prstech, zároveň se podílí na flexi v kyčelním kloubu

Můžeme si všimnout rozdílu v došlapu P DK probanda a P PK koně. Vzhledem k tomu, že jde o bipední chůzi, první se země dotýká pata a pak teprve došlapuje zbytek chodidla. Kůň došlapuje v důsledku evoluce pouze na jeden prst (viz kap. 2.1.2., Evoluce). To samé u začátku přenosu. U bipeda se ze země zvedá první pata, posléze prsty. U kvadrupeda je to hned celé kopyto. P HK člověka je podle lokomočního zkříženého vzoru v zášvihu, zatímco P Hr.K je v polovině přenosu směrem kraniálním. L HK se ocitá teprve na konci ventrálního přenosu, zatímco L Hr.K je nyní maximálně zatížena.

II. Fáze kroku



Obr. - 42 Vlevo - Znáznornění diagonálního momentu P poloviny kroku (Nicholson, 2003). Vpravo – Počátek opěrné fáze kroku (P končetiny), m. glutaeus medius sin. zde dosahuje lokálního minima, lokální max. m. glutaeus medius dx.

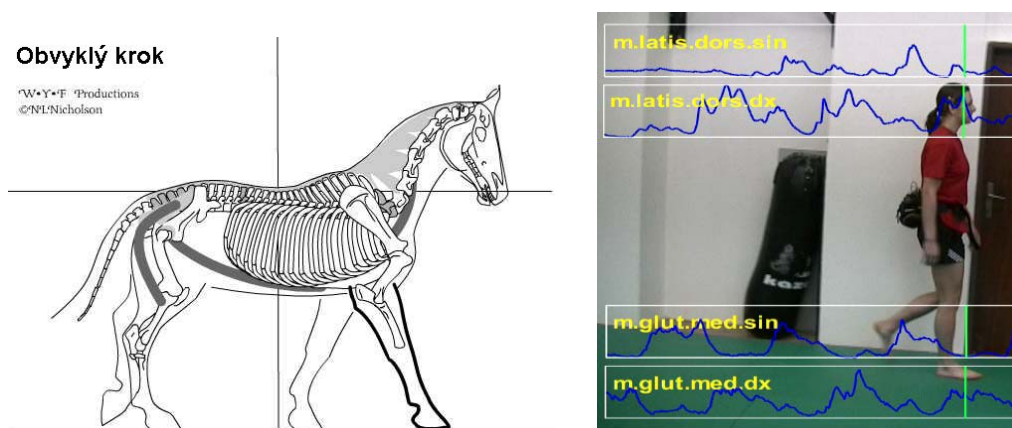
Kvadruped: V tzv. diagonálním momentu spočívají dvě končetiny na zemi (Nicholson, 2003). V našem případě jde o L Hr.K a P PK. P Hr.K je uprostřed fáze přenosu směrem kraniálním, zatímco L PK na začátku přenosu v časovém zpoždění typickém pro krokový cyklus.

Biped: Obr. 42 znázorňuje kontakt a postupné zatížení P DK, u L DK je patrné naopak odtržení prstů od podložky a vstup do počáteční fáze švihu. Spolu s ní jde ve zkříženém vzoru i P HK a vrací se zpět k tělu stejně jako L HK.

- *m. lat. dorsi sin.* – iniciuje kontrakci
- *m. lat. dorsi dx.* – kontrakce při extenzi rameního kloubu
- *m. glut. medius sin.* – relaxuje
- *m. glut. medius dx.* – lokomoční funkce - udržuje náklon pánve doprava, aby L DK mohla provádět švihovou fázi kroku – abdukce L části pánve

Na obr. 42 je zachycena stejná fáze kroku DK člověka a PK koně. Rozdíl je patrný v pohybu HK a Hr.K. U bipeda se HK ve srovnání s kvadrupedem opoždují, nemusí formovat punktum fixum jako kvadruped, který by jinak přepadával kraniálně, ale mají pouze doprovodný pohyb.

III. Fáze kroku



Obr. - 43 Vlevo - Znáznornění P poloviny kroku a druhého úderu kopyta (Nicholson, 2003). Vlevo – Střední stojná fáze P DK, *m. lat. dorsi dx.* dosahuje druhého lokálního max., u *m. glut. med. dx.* kontrakce trvá.

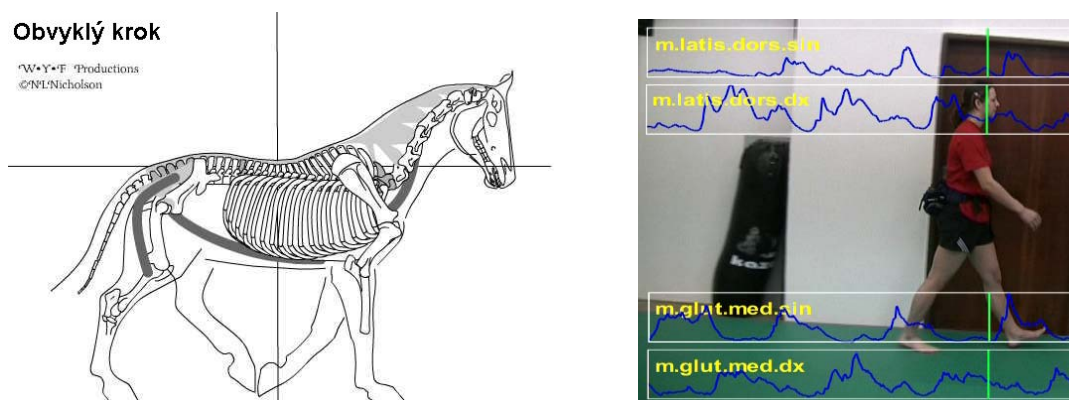
Kvadruped: P Hr.K zformovala punktum fixum, což je slyšet jako druhý úder kopyta (po P PK), L Hr.K je maximálně protažená v konečné fázi podpěru. P PK je teď hlavní podpěrou celého těla koně, kdežto L PK se dostává do iniciační fáze přenosu. Na zemi spočívají opět tři končetiny.

Biped: Opěrná fáze kroku P DK na obr. 43 zobrazuje střední stojnou fázi u P nohy, u L DK je patrná stále počáteční fáze švihu. HK se vracejí a budou se míjet v opačném směru.

- *m. lat. dorsi sin.* – kontrahuje, protože L HK se vrací zpět k tělu
- *m. lat. dorsi dx.* – kontrakce
- *m. glut. medius sin.* – relaxuje
- *m. glut. medius dx.* – lokomoční funkce - udržuje náklon pánve do P – kontrahuje

Z obr. 43 je patrná obdoba práce DK člověka a PK koně. Rozdíl je však opět v přenosu HK člověka a Hr.K koně. Zatímco P Hr.K formuje punktum fixum kraniálně a je ve fázi podpěru, P HK probanda teprve mívá jeho tělo ve ventrálním směru. L HK teď pokračuje dorsálně v návratu do výchozí polohy HK (připažení), zatímco L Hr.K koně je v maximální extenzi.

IV. Fáze kroku



Obr. - 44 Vlevo – znázornění změny pravé poloviny kroku v levou (Nicholson, 2003). Vpravo – fáze dvojí opory, lokální minimum *m. glut. med. sin.*

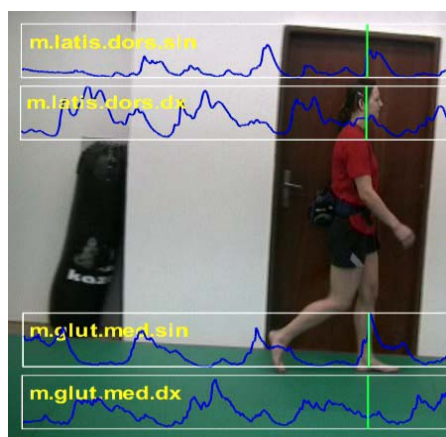
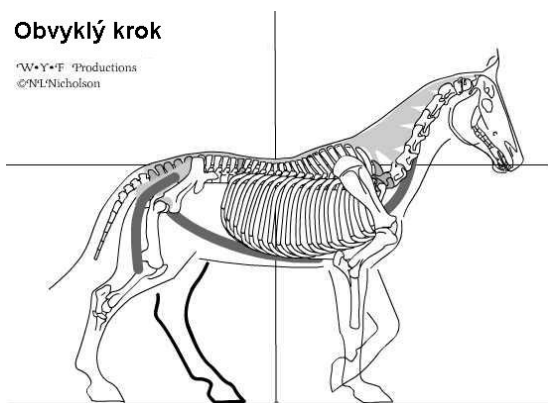
Kvadruped: L Hr.K se zvedá a vykročí, přičemž se hrudník vyklene doprava a kůň v tomto okamžiku spočine na obou pravých končetinách – tzv. laterální moment, zatímco levé se téměř dotknou a při pohledu z boku tvoří „písmeno V“ (Švehlová, 2003). L PK je na konci fáze kraniálního přenosu – flexe v kyčli, kdežto L Hr.K na jeho počátku. Hlavní váha koně teď spočívá na P Hr.K, která je ve střední stojné fázi.

Biped: V opěrné fázi kroku (P DK) rozeznáme odlepení paty od podložky u P DK, u L DK je vidět konečná fáze švihů a počáteční dotyk paty na podložce. Můžeme rozeznat fázi dvojí opory, přičemž L DK v ní spočívá na prstech a P DK na patě. P ramenní kloub je ve flexi a L HK bude končit extenzi.

- *m. lat. dorsi sin.* – relaxuje
- *m. lat. dorsi dx.* – je v kontrakci
- *m. glut. medius sin.* – relaxuje
- *m. glut. medius dx.* – svou kontrakcí nyní stabilizuje pohyb, kyčelní kloub extenduje

Zatímco P HK člověka dokončuje ventrální pohyb, P Hr.K koně podpírá většinu váhy koně. V tomto okamžiku lze nalézt obdobu ve švihové fázi L HK člověka s L Hr.K koně, obě končetiny jsou v extenzi. P PK koně dokončuje fázi podpěru, ale kvadruped stále stojí na prstech, čímž dochází ke značné extenzi v kyčli. Biped odlehčí extenzi v kyčli využitím celého chodidla P DK, než dojde k přechodu do fáze přenosu.

V. Fáze kroku



Obr. - 45 Vlevo – levá polovina kroku, třetí úder kopyta (Nicholson, 2003).
Vpravo – střední opěrná fáze kroku L DK, peaky *m. lat. dorsi sin.* a *m. glut. med. sin.* dosahují lokálních maxim.

Kvadruped: Zde je patrný stejný průběh jako na pravé straně. L diagonála je ve fázi podpěru a právě ukončuje sunutí celého těla koně dopředu (Švehlová, 2003). P PK je ještě ve styku s podložkou a je maximálně protažena – v extenzi. L Hr.K je na začátku fáze přenosu kraniálním směrem a kůň stojí na zemi opět třemi končetinami. P Hr.K je součástí levé diagonály (spolu s L PK) a je ve fázi podpěru. L Hr.K se nachází uprostřed fáze přenosu.

Biped: Opěrná fáze kroku P DK znázorňuje odlepení prstů od podložky, u L DK je vidět stejná fáze střední opěrné fáze kroku. L HK se vrací zpět ventrálně a P HK zase dorsálně.

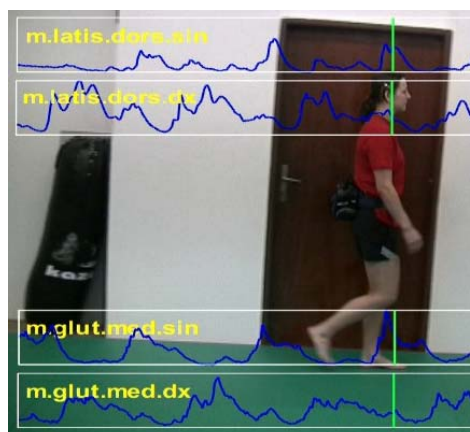
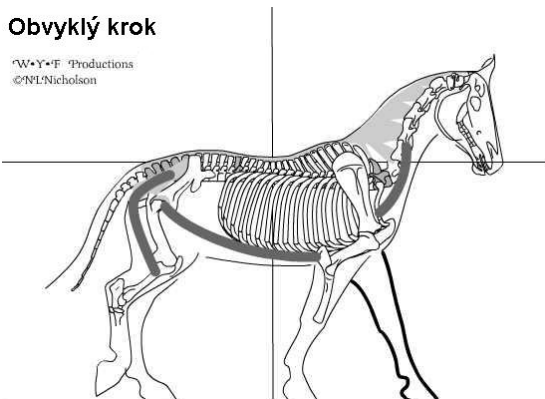
- *m. lat. dorsi sin.* – je aktivní
- *m. lat. dorsi dx.* – dosahuje druhého lokálního maxima - kontrahuje
- *m. glut. medius sin.* – dosahuje lokálního maxima, protože svou kontrakcí naklání pánev do L – lokomoční funkce
- *m. glut. medius dx.* – stabilizační funkce

Biped má umožněno využít celého chodidla při lokomoci a v tomto okamžiku tudíž stát na prstech P DK, na rozdíl od kvadrupeda, který musí mít kyčel v maximální extenzi při závěru fáze podpěru. Bipedům navíc extenzi v kyčli pomáhá ještě flexe v koleni. P Hk člověka je v součinnosti s L DK ve flexi, zatímco P Hr.K koně už je ve střední fázi podpěru. Stejně tak L HK je v extenzi a L Hr.K prochází střední fází přenosu kraniálně.

VI. Fáze kroku

Obvyklý krok

W•Y•F Productions
©NPLNicholson



Obr. - 46 Vlevo - zobrazení L poloviny kroku a čtvrtého úderu kopyta (Nicholson, 2003). Vpravo – švihová fáze kroku P DK, *m. lat. dorsi sin.* a *m. glut. med. sin.* jsou stále výrazně aktivní.

Kvadruped: Na zemi spočívají opět tři končetiny. L PK je ve fázi podpěru a nese hlavní váhu těla zvířete. P PK se nachází v počáteční fázi přenosu kraniálně. L Hr.K formuje punktum fixum a P Hr.K dokončuje sunutí těla kraniálně.

Biped: Opěrná fáze kroku (P DK) přešla plynule do fáze švihové odlepením prstů P nohy od podložky, u L DK je stále vidět stojná fáze střední opěrné fáze kroku.

- *m. lat. dorsi sin.* – řídí extenzi ramenního kloubu, tedy dokresluje lokální maximum
- *m. lat. dorsi dx.* – aktivita svalu v průběhu druhého lokálního maxima dokazuje též stabilizační funkci HK při pohybu bipeda
- *m. glut. medius sin.* – trvá jeho lokomoční činnost
- *m. glut. medius dx.* – odpočívá

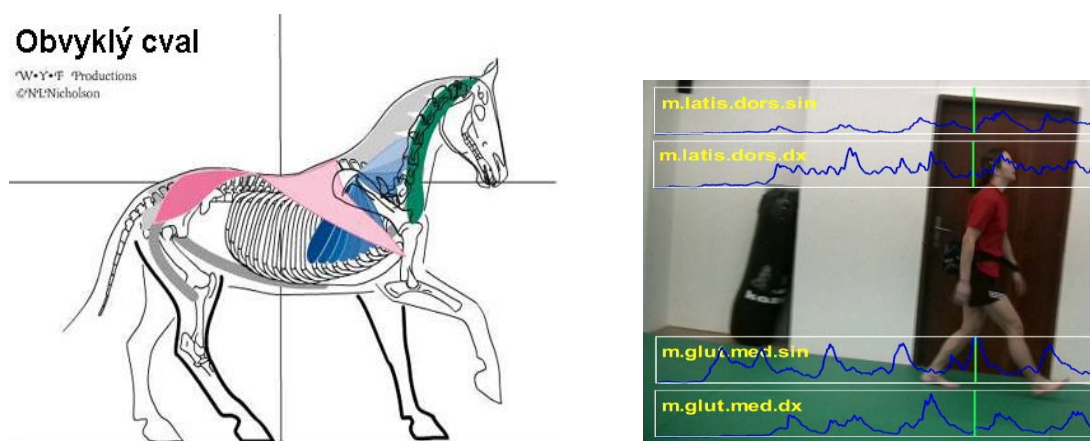
Stejně jako ve třetí fázi kroku je z obr. 46 patrná obdoba práce DK člověka a PK koně. Rozdíl je patrný ve schopnosti flexe v koleni. Biped má umožněn větší kolenní rozsah než kvadruped. Přenosu HK člověka a Hr.K. koně se ale liší. Zatímco L Hr.K. zformovala punktum fixum a je ve fázi podpěru, L HK probanda teprve mívá jeho tělo ve ventrálním směru. Stejně tak je patrné i „zpoždění“ P HK člověka vůči P Hr.K koně. Zatímco P HK se teprve vrací do výchozí polohy, P Hr.K je již na konci extenze.

Rozbor cvalu koně dle Nicholson (2003) a cvalu člověka pomocí EMG záznamu synchronizovaného s videozáznamem.

Z grafů je možné sledovat vyznačení lokálních max. a min. znázorňujících momentální aktivitu námi vybraných svalů. Měřený cval u probanda probíhal pravou DK vpřed a levou na došlapu. Sval m. glutaeus medius má dvě funkce při lokomoci, a to lokomoční a stabilizační. Lokomoční funkce spočívá v náklonu pánve napravo či nalevo podle toho, která DK je ve fázi opory a projevuje se lokálními maximy v grafu. Stabilizační funkce zajišťuje udržení rovnováhy při dopadu na druhou DK (tzn. odrazovou) a projeví se druhým lokálním maximem.

Vzhledem k tomu, že člověk používá bipední způsob lokomoce, tedy zapojuje dvě končetiny pro pohyb vpřed, je možné k sobě přiřadit při cvalu pouze tři krokové fáze. Jak bylo zmíněno v úvodu, z pilotní studie týkající se kvadrupední lokomoce člověka bylo zřejmé, že během evoluce došlo k významné přestavbě příslušného aparátu pro pohyb, námi měřené svaly se při kvadrupedálním pohybu (chůze a běh po čtyřech končetinách) bipeda nachází v nepřírozené poloze. Dle subjektivních pocitů probanda - nepřírozená a namáhavá aktivita HK – jsme shledali tento způsob lokomoce pro bipeda příliš energeticky náročný a nepřírozený i z fylogenetického hlediska.

I. Fáze cvalu



Obr. - 47 Vlevo – Druhý úder kopyt (Nicholson, 2003). Vpravo – Fáze dvojí opory, lokální max. m. glut. med. sin.

Kvadruped: Kůň došlápl vedoucí diagonálou (Švehlová, 2003), což je v případě levého cvalu P PK a L Hr.K. Obě končetiny dopadají na zem téměř současně, přičemž P PK je o moment rychlejší a zachycuje hmotnost koně - nazývá se „vlečná“. Zatímco L Hr.K se stará o posun těla kraniálním směrem, nazýváme ji končetinou „vedoucí“ (Švehlová, 2003). L PK je ve střední fázi podpěru a P Hr.K ve střední fázi přenosu kraniálním směrem.

- *m. lat. dorsi dx.* - je v této fázi cvalu je tento sval relaxovaný, protože P Hr.K je tažena kraniálně zejména flexí v koleni, přičemž takovouto funkci tento sval nezajišťuje
- *m. lat. dorsi sin.* – jelikož je s P PK v diagonálním páru, podílí se nyní svou kontrakcí na extenzi v ramenním kloubu
- *m. glut. med. dx.* – kontrahuje při tažení P PK kaudálně – extenze v kyčli

Biped: Obr. 47 ještě zachycuje fázi dvojí opory. P DK se dotýká podložky patou a L DK prsty. HK mají pouze doprovodnou funkci.

- *m. lat. dorsi sin.* – je v relaxovaném stavu
- *m. lat. dorsi dx.* – je v kontrakci, protože pomáhá P DK usměrňovat pohyb extenzí P HK

Oba svaly mají pouze vyrovnávací doprovodnou funkci při bipedálním cvalu a i z grafu je patrná kokontrakce obou svalů.

- *m. glut. medius sin.* – lokomoční fce - svou kontrakcí umožňuje pravé DK vykonat švihovou fázi, naklání pánev do L - abdukuje
- *m. glut. medius dx.* – kontrakcí stabilizuje cval

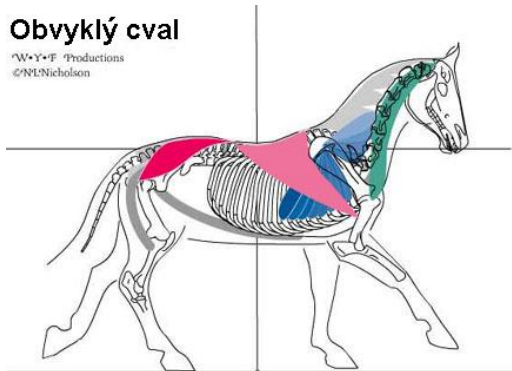
Zde je vidět zásadní rozdíl v aktivitě svalů musculi glutei bipeda a kvadrupeda. Zatímco P PK kvadrupeda je přitahována vzad kontrakcí pravého glutu, P glut člověka relaxuje. Naopak je v kontrakci L glut bipeda při abdukci v kyčli a laty relaxují. Podle Švehlové (2003) svaly koně pracují v diagonálních párech a L lat je teď v kontrakci spolu s P glutem koně.

II. Fáze cvalu

Kvadruped: Podepírající končetiny jsou kolmo pod tělem a punktum mobile je sunuto přes došlápnuté končetiny (Švehlová, 2003).

Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©NLSNicholson



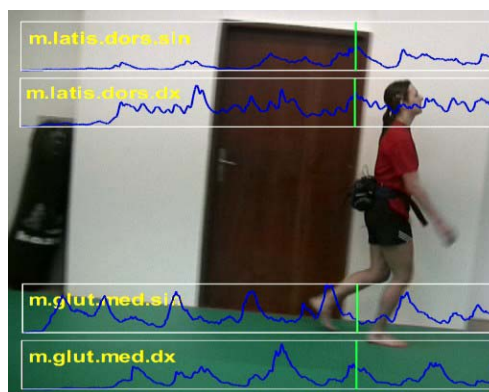
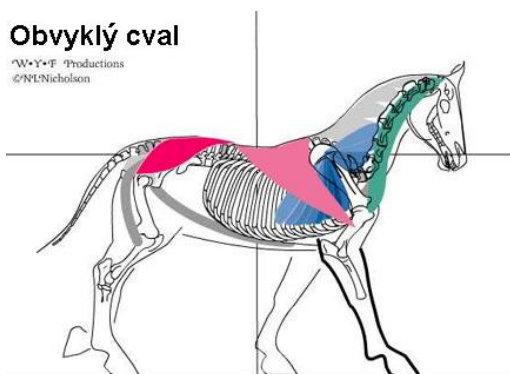
- *m. lat. dorsi dx.* - začíná kontrahovat při protažení P Hr.K kraniálně
- *m. lat. dorsi sin.* - v diagonálním páru kontrahuje při sunutí těla koně kraniálně
- *m. glut. med. dx.* - svou kontrakcí posouvá tělo koně kraniálně

Obr. - 48 Rovnovážný bod cvalu. Kůň se nachází uprostřed fáze podpěru (Nicholson, 2003).

III. Fáze cvalu

Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©NLSNicholson



Obr. - 49 Vlevo – Třetí úder kopyta (Nicholson, 2003). Vpravo – Fáze střední opory P DK, *m. glut. med. dx.* je v lokálním maximu.

Kvadruped: První úderová končetina (L PK) je teď v počáteční švihové fázi, P PK je max. protažena ve své oporné funkci. P Hr.K formuje punktum fixum a L Hr.K se chystá na letovou fázi stejně jako P PK.

- *m. lat. dorsi dx.* - při došlapu se zapojuje, protože kontrakcí pomáhá sunout tělo koně kraniálně.

- *m. lat. dorsi sin.* – jako součást diagonálního páru se svou kontrakcí podílí na extenzi ramene
- *m. glut. med. dx.* – maximálně kontrahuje

Biped: P DK má teď opornou funkci a L DK je v počáteční švihové fázi pohybu.

- *m. lat. dorsi sin.* – je v kontrakci
- *m. lat. dorsi dx.* – je v kontrakci

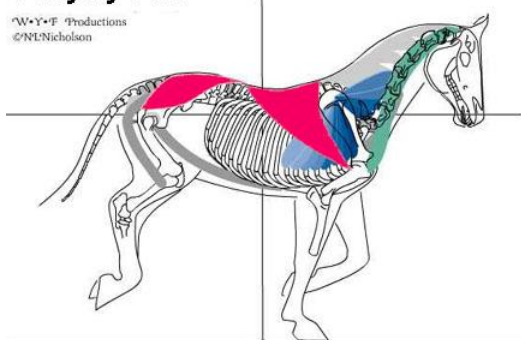
V této fázi cvalu mají oba svaly stejnou aktivitu, svým doprovodným pohybem stabilizují lokomoci.

- *m. glut. medius sin.* – zde je patrné střídání funkce lokomoční a stabilizační; nyní má tento sval stabilizační fci a je v kontrakci.
- *m. glut. medius dx.* – kontrakci vykonává lokomoční funkci

Zde dochází ke shodě aktivit glutů obou zástupců. P gluty jak bipeda tak kvadrupeda jsou v maximu. U bipeda zastává teď funkci lokomoční ve svém prvním lokálním maximu. U kvadrupeda také zajišťuje lokomoci a abdukci pánve. HK člověka mají doprovodný pohyb, u kvadrupeda je jejich funkce zejména podpůrná při pohybu zvířete vpřed (Švehlová, 2002).

IV. Fáze cvalu

Obvyklý cval

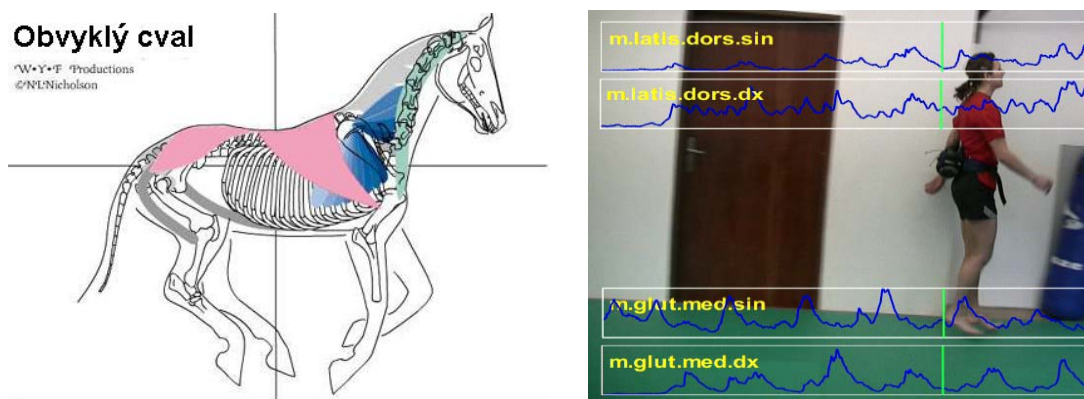


Kvadruped: Kůň se na obr. 50 zhoupne dopředu, přičemž vnitřnosti pomůžou výdechu tlakem na bránici a plíce (Švehlová, 2003). Poslední končetina, která se jako čtvrtá dotkla země, teď podpírá jediná tělo koně.

Obr. - 50 Zhoupnutí těla koně dopředu (Nicholson, 2003). Oba dva svaly kontrahují ve snaze stáhnout příslušné končetiny kaudálně.

- *m. lat. dorsi dx.* - kontrakcí dokončí opornou fázi P Hr.K a sunutí těla kraniálně
- *m. lat. dorsi sin.* – relaxován v počáteční fázi přenosu
- *m. glut. med. dx.* – stále v kontrakci kontroluje svým zkrácením polohu P PK, což se projeví v dorsálně-kaudálním pohybu zadní končetiny

V. Fáze cvalu



Obr. - 51 Vlevo - „Tichá“ fáze po třech úderech ve cvalu (Nicholson, 2003). Vpravo – Letová fáze cvalu, patrná lokální minima v kontrakcích svalů.

Kvadruped: Kůň je ve fázi vznosu ve cvalu, tato fáze se nesmí opomíjet v timingu cvalu, jež je – tři údery + tichá fáze (Švehlová, 2003). Svaly koně jsou na okamžik uvolněné.

- *m. lat. dorsi dx.et sin.* – oba dva svaly se uvolnily
- *m. glut. med. dx. et sin.* - oba dva svaly se uvolnily

Biped: Fotografie zobrazuje letovou fázi. HK dokončily pohyb a vracejí se zpět po trajektorii, DK se míjejí.

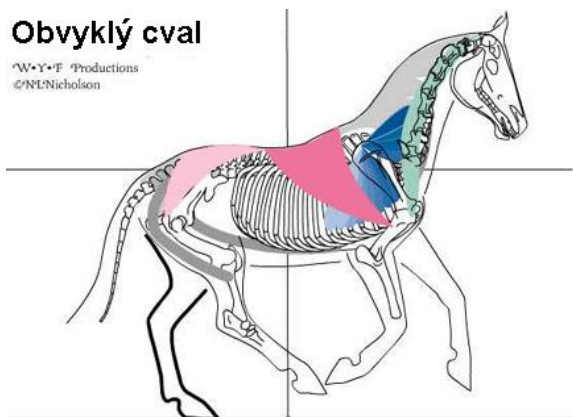
- *m. lat. dorsi sin.* – relaxuje
- *m. lat. dorsi dx.* – je aktivní v doprovodné funkci HK
- *m. glut. medius sin.* – svou aktivitou zapřičiňuje stabilizaci pánve po odrazu a přebírá funkci po *m. glut. medius dx.*
- *m. glut. medius dx.* – je v relaxaci

V této fázi je patrná podobnost u bipeda i kvadrupeda. U obou zástupců dochází převážně k relaxaci svalů. Nicméně kvadruped má dvojice svalů uvolněné, zatímco u bipeda dochází ke stabilizaci pánve činností L glutu. Stabilizační doprovodná funkce P HK se také projevuje neustálou nepravidelnou kontrakcí.

VI. Fáze cvalu

Obvyklý cval

W•Y•F Productions
©N.L. Nicholson



Kvadruped: První úder kopyta ve cvalu (Švehlová, 2003). Pravý laterální pár se dobíhá a téměř se dotýká, L Hr.K je ve stejné fázi jako P PK – v diagonálním páru.

Obr. - 52 Došlap po fázi vzosu(Nicholson, 2003).

- *m. lat. dorsi dx.* - kontrahuje při dokončení extenze P Hr.K
- *m. lat. dorsi sin.* – relaxuje v součinnosti s P glutem
- *m. glut. med. dx.* – je v této fázi cvalu uvolněn, P PK je díky němu ve flexi

U kvadrupeda je zřejmá pravidelná součinnost pravého diagonálního páru končetin a tudíž i příslušných svalů. Hlavní funkcí glutu bipeda je abdukce v kyčli při umožnění švihové fáze DK abduktované strany (zatímco v kontrakci je opačný glut). U koně je funkce podobná, jen gluteální svaly hrají roli i na počátku fáze švihové. Domníváme se, že funkce *m. gluteus medius* koně se podobá spíše funkci *m. gluteus maximus* člověka, i při porovnání anatomie těchto dvou svalů – lidský *m. gluteus maximus* se plošně spíše podobá zastoupení *m. gluteus medius* koně.

Dle subjektivních pocitů probanda mají natažené HK při cvalu pouze brzdící charakter. Mnohem praktičtější se jeví pozice horních končetin v bok nebo pokrčené v loktech. Pokud byly při cvalu paže probanda natažené, snažily se doprovázet dolní končetiny dle zakódovaného zkříženého kvadrupedálního vzoru, což je typické při typicky lidské lokomoci – chůzi, kdy pletenec ramenní vyrovnává torzní působení

pletence pánevního. To ovšem nedovoluje timing zapojování svalů dolních končetin, takže v EMG záznamu se jako výsledek zapojování svalů horních končetin objevila nepravidelná křivka.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo porovnání činnosti svalů *m. latissimus dorsi* a *m. gluteus medius* u bipedů a kvadrupedů při vybraných typech lokomoce pomocí kineziologické analýzy a také porovnání krokových fází u obou zástupců. Jednalo se o elementární pohyby jako je krok (u člověka chůze) a cval u obou dvou zástupců. K tomu nám posloužila technika elektromyografická (EMG), kterou my ovšem použili pouze pro naměření činnosti těchto dvou svalů „laty“ a „gluty“ na člověku.

Byla nashromážděna potřebná teorie týkající se všech klíčových pojmů (bipedie, kvadrupedie, EMG, *m. latissimus dorsi* a *m. gluteus medius*). Tyto informace byly získány: z pramenů uvedených v použité literatuře včetně údajů z internetu a diplomových prací zabývajících se podobnou problematikou, z vlastních poznatků nabytých studiem biologie a TV, z konzultací s mou vedoucí DP.

Používali jsme povrchovou EMG a jako probanda jsme zvolili zdravého vrcholového sportovce (judo - vrcholově), u kterého by se dané lokomoční pohyby měly obejít bez vedlejších rušivých pohybů, a tudíž by nám toto měření mělo poskytnout kvalitní materiál k rozboru a následnému porovnání s pohyby kvadrupeda - koně. Výběr byl založen na dobrovolnosti a zájmu o spolupráci. Zpracování a prezentace výsledků probíhalo anonymně. Bylo provedeno EMG měření u 1 probanda v tělocvičně. Před měřením byl přístroj kalibrován. EMG záznam byl doplněn obrazovým záznamem společně s optoelektronickou synchronizací pohybu. Měření na koni jsme neprováděli, vycházeli jsme z Nancy Nicholson (2002, 2003).

Zpracování a porovnání dat jsme provedli těmito metodami: výběr a zpracování informací týkajících se kroku a cvalu koně (Nicholson, 2002, 2003); data týkající se chůze a cvalu bipeda z povrchového EMG měření jsme doplnili o kinematickou analýzu pomocí časové analýzy videozáznamu; získané informace jsme porovnali komparativní analýzou.

První hypotéza se potvrdila. Kůň jakožto kvadruped používá všechny čtyři končetiny k lokomoci. Jak u pánevního tak u ramenního pletence je při lokomoci

formováno punktem fixum, pracují v uzavřeném kinematickém řetězci. U člověka jako reprezentanta bipedálního způsobu lokomoce se formuje punktem fixum pouze prostřednictvím pánevního pletence, který pracuje v uzavřeném kinematickém řetězci. Horní končetiny ale punktem fixum neformují, mají při chůzi jen doprovodnou funkci a oproti kvadrupedovi se v krokových fázích opožďují, pracují v otevřeném kinematickém řetězci. Proto dochází k tomuto rozdílu v timingu práce horních končetin během krokového cyklu při chůzi bipeda a kroku kvadrupeda.

Druhá hypotéza se nepotvrdila. Cval není pro člověka úplně přirozeným typem lokomoce a na rozdíl od kroku, kde nacházíme součinnost práce svalů v kvadrupedálním zkříženém vzoru (P HK – L DK, L HK – P DK), svaly horních končetin nevykazují prokazatelnou součinnost se svaly dolních končetin. Z EMG záznamu je patrné, že horní končetiny mají při cvalu pouze funkci vyrovnávací a z toho vyvozujeme, že lokomoci dolních končetin nepomáhají. Jejich funkce je opět pouze doprovodná.

Volná bipedální chůze je typicky lidskou lokomocí, při které sledujeme projev kvadrupedálního lokomočního zkříženého vzoru ve formě doprovodného pohybu paží pracujících v otevřeném kinematickém řetězci. Tento pohyb vyrovnává torzní působení pletence pánevního, který naopak pracuje v uzavřeném kinematickém řetězci. Při volné bipedální chůzi mají horní končetiny na první pohled pouze stabilizační funkci.

Naposledy (jak bylo řečeno v kap. 2.2.3.) má pletenec ramenní lokomoční funkci asi do čtvrtého trimenonu a později potom při některých sportovních aktivitách. Podle Trojana (2005) se primárně do lokomoce v ontogenezi dítěte zapojuje pletenec ramenní a sekundárně pletenec pánevní. V ontogenezi člověka pak dochází k rozvoji pletence pánevního, vzpřímení a bipedii. Vývin ruky jde naopak směrem úchopu a manipulace, k čemuž významně přispěla právě její lokomoční funkce během vzpřimování (Véle, 2006). V okamžiku, kdy už se horní končetiny nepodílejí primárně na lokomoci, může se plně rozvíjet funkce uchopování a manipulace ruky. Ovšem zakódovaná lokomoční funkce pletence ramenního nemizí, ale je podle a Vojty a Peterse (1995) „zasunuta“ právě za primární funkce manipulace a úchopu. Při měření cvalu bylo zřejmé, že horní končetiny chtěly „řídít“ pohyb, jako je tomu např. při chůzi, ačkoli se přímo na pohybu nepodílejí tak, jako dolní končetiny.

Podle Kračmara (2002) se pletenec ramenní opět do lokomoce zapojuje při některých sportovních aktivitách.

Samozřejmě při práci horních končetin v uzavřeném kinematickém řetězci (při využití k lokomoci) je kladen větší nárok na kardio – vaskulární systém, aktivuje se více svalů, a tudíž se spotřebuje více energie. To je ovšem žádoucí při mnohých sportovních aktivitách. Přínosem je posílení odpovídajících svalů a zlepšení celkové tělesné kondice. Proto bych doporučila více prozkoumat kvadrupedální lokomoci bipedů a více ji pak využívat ve sportovních odvětvích, kde pletenec ramenní může pracovat v uzavřeném kinematickém řetězci, a která to tudíž umožňují. Např. in-line bruslení s holemi místo bez holí, Nordic Walking namísto obyčejné chůze, jízda na kajaku, šplh na laně, lezení na stěně, běh na lyžích.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|------|----------------------------------|
| ČR | Česká Republika |
| DK | dolní končetina |
| DP | diplomová práce |
| dx. | dexter |
| EMG | elektromyografie |
| FTVS | Fakulta tělesné výchovy a sportu |
| glut | musculus glutaesus medius |
| HK | horní končetina |
| Hr.K | hrudní končetina |
| L | levo/levá/levý |
| lat | musculus latissimus dorsi |
| m. | musculus |
| ME | mistrovství Evropy |
| med. | medius |
| P | pravo/pravá/pravý |
| PK | pánevní končetina |
| sin. | sinister |
| TV | tělesná výchova |
| UK | Univerzita Karlova |

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ANCALAGON. *Horse* [on-line]. 2007 [cit. 22.3.2010, 20:30 SEC] Dostupné na World wide web: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Horse>>.
2. BEHNKE, R. S. *Fundamental Movements and Muscles of the Shoulder Joint, Kinetic Anatomy*, Indiana State University, 2006.
3. ČIHÁK, R. *Musculi coxae – svaly kyčelního kloubu. Anatomie 1.*, Praha : Grada Publishing, 2008, s. 431-434.
4. DE LUCA, C., J. *The use of Surface Electromyography in Biomechanics. The international Society for Biomechanics* [on-line]. 1993 [cit. 1.2. 2008, 15:30 SEC] Dostupné na World wide web: <<http://www.delsys.com/>>.
5. DOLEŽEL, P. *Hyracotherium*. [on-line]. 2006 [cit. 2.11. 2009, 11:30 SEC] Dostupné na World wide web: <<http://koneponyamy.blog.cz/0609/hyrocatherium-eohippus>>.
6. DUFEK, J. *Elektromyografie*. Učební text. Brno : IDVPZ, 1995.
7. DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. Praha : Grada Publishing, 2007, s.86-88.
8. DYLEVSKÝ, I., DRUGA, R., MRÁZKOVÁ, O. *Musculi membri superioris – svaly horní končetiny, Musculi membri inferioris – svaly dolní končetiny. Funkční anatomie člověka*. Praha : Grada Publishing, 2000.
9. FLADE, J. E. Chov a športové využitie koní. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1990. 451 s. in VOZÁKOVÁ, J. Vliv jízdy na koni a parkurového skákání na bolesti zad. *Diplomová práce*, Praha : UK FTVS, 2008.
10. GAISLER, J. *Zoologie obratlovců*. Praha : Academia, 1983.
11. HANZÁK, J., VESELOVSKÝ, Z. *Světlem zvířat I.díl – Savci*. Praha : SNDK, 1965.
12. HÄGGSTRÖM, M. *Gluteus medius muscle* [on-line]. 2007 [cit. 11.11. 2009, 20:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gluteus_medius>.
13. JANDA, V., POLÁKOVÁ, Z., VÉLE, F. Funkce hybného systému. Praha : Státní zdravotnické nakladatelství, 1966 in VACKOVÁ, P.: *Fylogenetické souvislosti sportovní lokomoce. Diplomová práce*. Praha : UK FTVS, 2004.
14. JERRY, M. *Evolution of the Horse* [online]. 2006 [cit. 10.10.2009, 14:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_the_horse>.

15. KADAŇKA, Z. a kol. Praktická elektromyografie. 1994. In KELLER, O. *Obecná elektromyografie*. Praha : Triton, 1999.
16. KASPEROVÁ, M. *Elektromyografie neboli EMG* [online]. 4. červen 2004 [cit. 1. února 2008, 11:15 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.ordinace.cz/clanek/elektromyografie-neboli-emg/>>.
17. KELLER, O. *Obecná elektromyografie*. Praha : Triton, 1999.
18. KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu*. Praha : Triton, 2002.
19. KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P., MRŮZKOVÁ, M., DUFKOVÁ, A., SUCHÝ, J. Lidská lokomoce přes pletenec ramenní. *Rehabilitácia*, 2007, č. 1.
20. KRAČMAR, B., VYSTRČILOVÁ, M., PSOTOVÁ, D. Sledování aktivity vybraných svalů u nordic walking a chůze pomocí povrchové EMG. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, roč. 14, 2007, č. 3.
21. LINDSAY, D. T. *Muscles of the extremities. Funtional Human Anatomy*, University of Georgia, 1996.
22. MACFADDEN et al. *Amazing Feets: Living Relatives of the Horse* [online]. 2010 [cit. 22. března 2010, 14:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.flmnh.ufl.edu/fhc/relatives9.htm>>.
23. MIHULKA, S. *Tiktaalik dobyvatel souše*. Nature 440, s. 757-763 a 764-771, [on-line]. 2006 [cit. 8.3.2010, 8:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&clanek=1825>>.
24. MODLINSKA, D. *Koně a hříbata*. Praha : Slovart, 1994.
25. NICHOLSON, N. Biomechanical Riding and Dressage. Překlad : ŠVEHLOVÁ, D. *Biomechanika ježdění a drezúry – Atlas jezdce: Část 2. – základní spirální sed* [on-line]. 2002 [cit. 10.3.2010, 19:50]. Dostupné na World wide web: <<http://www.equichannel.cz/biomechanika-jezdeni-a-drezury-atlas-jezdce-cast-2-zakladni-spiralni-sed>>.
26. NICHOLSON, N. Biomechanical Riding and Dressage. Překlad : ŠVEHLOVÁ, D. *Biomechanika ježdění a drezúry – Atlas jezdce: Část 3. – spirální sed pro krok* [on-line]. 2002 [cit. 11.3.2010, 20:05 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.equichannel.cz/biomechanika-jezdeni-a-drezury-atlas-jezdce-cast-3-spiralni-sed-pro-krok>>.
27. NICHOLSON, N.: Biomechanical Riding and Dressage. Překlad : ŠVEHLOVÁ, D. *Biomechanika ježdění a drezúry – Atlas jezdce: Část 12. – normální krok* [on-line]. 2003 [cit. 11.3.2010, 15:15 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.equichannel.cz/biomechanika-jezdeni-a-drezury-atlas-jezdce-cast-12-normalni-krok>>.

28. NICHOLSON, N.: Biomechanical Riding and Dressage. Překlad : ŠVEHLOVÁ, D. *Biomechanika ježdění a drezúry – Atlas jezdce: Část 16. – obvyklý cval* [on-line]. 2003 [cit. 11.3.2010, 12:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.equichannel.cz/biomechanika-jezdzeni-a-drezury-atlas-jezdce-cast-16-obvykly-cval>>.
29. OTÁHAL, J. *Elektromyografie* [online]. 8. března 2001 [cit. 1. února 2008, 15:40 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://biomech.ftvs.cuni.cz/kab/archiv/Elektromyografie.ppt>>.
30. PLANETOPIA. *Evoluce koně* [on-line]. 2007 [cit. 10.10.2009, 9:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.planetopia.cz/evoluce-kone.html>>.
31. RIEGAL. *Muscular System of the horse* [on-line]. 2000 [cit. 2.4.2010, 15:00 SEC]. Dostupné na World wide web : <http://en.wikipedia.org/wiki/Muscular_system_of_the_horse>.
32. ROMER, A. S. *The vertebrate body*. Philadelphia : Saunders, 1970.
33. SCALES, H. *Ancient Amphibians Bit Instead of Sucking, Skull Study Says* [online]. 16. dubna 2007 [cit. 5.3. 2010, 13:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://news.nationalgeographic.com/news/2007/04/070416-fish-jaws.html>>.
34. SEDLISKÁ, V. Analýza aktivity vybraných svalů dolních končetin při zatáčení na carvingových lyžích a porovnání s jejich aktivitou při volné bipedální chůzi. *Diplomová práce*. Praha : UK FTVS, 2007.
35. SIMPSON, G. G. *The Principles of classification and a classification of mammals*. New York, 1945.
36. SOCHA, V. *První čtvernožci byli podivuhodně rozmanití* [on-line]. 2008 [cit. 10.3.2010, 16:00 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=3731>>.
37. THAN, K. *Fishy Ancestors of Humans Surprisingly Diverse* [on-line]. 2008 [cit. 10.2.2010, 20:00 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://news.nationalgeographic.com/news/2008/06/080625-tetrapods.html>>.
38. TLAŠKOVÁ, P. Zapojení svalů v oblasti ramenního pletence při Nordic Walking. *Diplomová práce*, Praha : UK FTVS, 2008.
39. TRAVELL, J. G., SIMONS, D. G. *Myofascial pain and dysfunction: the triggerpoint manual. Vol. 1*. Baltimore : Williams and Wilkins, 1999.
40. TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. Praha: Grada Publishing, 2005.

41. VACKOVÁ, P. *Fylogenetické souvislosti sportovní lokomoce. Diplomová práce*, Praha : UK FTVS, 2004.
42. VANČATA, V. *Paleoantropologie – přehled fylogeneze člověka a jeho předků*, Brno : Nadace Universitas Masarykiana, 2003.
43. VÉLE, F. *Kineziologie. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha : Triton, 2006.
44. VLČKOVÁ et al. *Původ koní* [on-line]. 2002 [cit.21.3.2010, 21:30 SEC]. Dostupné na World wide web: <<http://www.horses-online.cz/index.php?mmi=10&smi=841>>.
45. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Praha: Grada Publishing, 1995.
46. VOZÁKOVÁ, J. *Vliv jízdy na koni a parkurového skákání na bolesti zad*, *Diplomová práce*, Praha : UK FTVS, 2008.
47. ZELENKA, K. *Ústní sdělení*. Praha, 2008.

9 PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha č. 1 Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS



UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 – Veleslavín
tel. (02) 2017 1111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k diplomové práci, zahrnující lidské účastníky

Název: Komparativní analýza bipedální a kvadrupedální lokomoce

Forma projektu: diplomová práce

Autor (hlavní řešitel): Zuzana Kvítková

Školitel: Mgr. Radka Bačáková

Popis projektu (max. 10 řádek) zahrnuje i

Projekt se zabývá kineziologickým rozbořením kvadrupedální a bipedální lokomoce - primárně při chůzi a cvalu. Proband dlouhodobě úspěšně sportuje a měření na něm nebude uskutečňováno v rozporu s etickými pravidly. Získané výstupy pomohou objasnit rozdíly v krokovém cyklu obou zástupců a také rozdíly v práci svalů m. latissimus dorsi a m. gluteus medius. Výzkum bude mít charakter primární experimentální analytické studie. Měření se uskuteční v terénu pomocí přenosného přístroje pro snímání povrchového EMG KaZe05. Použité měřicí zařízení je napájeno vlastními zdroji o napětí do 9V bez výkonných kondenzátorů. V měření nebudou používány žádné invazivní metody. Nehrozi zde žádné nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Informovaný souhlas (příložen)

V Praze dne 15. 3. 2010

Podpis autora.....

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: doc.MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Prof.Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof.PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc.MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 09/1/2010

dne: 2. 4. 2010

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.



Bartůňková
.....
podpis předsedy EK